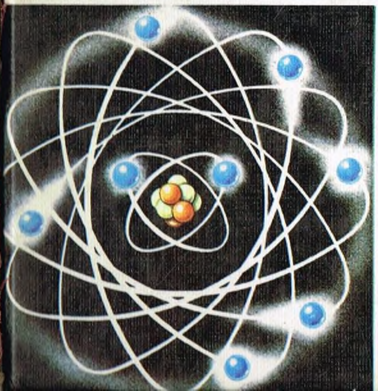
ENCICLOPEDIA TEMATICA COMBI

ciencia













3

INS.
PERR.

ENCICLOPEDIA TEMATICA COMBI ciencia

EDIL

RANDASA, S. A.
Editorial Baber, S. A.
Muntaner, 81 - 08011 Barcelona
ESPAÑA
IMPRESO EN ESPAÑA-PRINTED IN SPAIN

Depósito Legal: M. 34.555-1987

EDICION ESPECIAL PARA:

edil s.r.l.

Perú 359 P. 6.º OF. 605 BS. AS.

ISBN 84-599-2136-0 (Obra completa)
ISBN 84-599-2139-5 (Tomo tercero)
Impreso por: Sucesores de Rivadeneyra, S. A.
Cuesta San Vicente, 28 - 28008 Madrid (España)

ENCICLOPEDIA TEMATICA COMBI ciencia

3 INSECTOS / PERROS

Editorial Baber s.a.
Muntaner, 81 - Tel. 254 38 83 - Telex 52707 - TRADU-E
08011 BARCELONA

Idea y dirección: SVEN LIDMAN
Idea de las imágenes visualización y maquetas: ERIK MAGNUSSON
Redactor jefe: ANN-MARIE LUND
Dibujantes: BERNT FORSBLAD, BJÖRN GIDSTAM, GUNILLA HANSSON, BERTIL HJERPE, RUNE JOHANSSON, ROLAND KLANG, ALF LANNERBÄCK, SVEN SKÖLD, MILITTA WELLNER, RIGMOR ZETTERBERG
Redactores: HARDY HEDMAN, JAN VON KONOW, SIF KULLERSTRAND, JONAS NAUCLER, INGA SANDSTEDT
Selección fotográfica y producción técnica: TORD PRAMBERG
Consejeros pedagógicos: TAGE NODEMALM: *Director de Instituto,* BENGT DAHLBOM: *Catedrático de Instituto,* SVEN SVENSSON: *Catedrático de Instituto,* NILS SYLVAN: *Catedrático de Instituto,* SIGVARD STRANDH: *Ingeniero,* AXEL JOHANSSON: *Catedrático de Universidad*
Redactores de materias: Astronomía: ULF SINNERSTAD, *Profesor de Universidad;* Biología: SVEN NILSSON, *Doctor en Ciencias;* Economía: ULRICH HERZ, *Doctor en Ciencias Económicas;* Física: BO-GÖRAN PETTERSSON, *Profesor de Universidad,* PER KÖKERITZ, *Licenciado en Física;* Geografía: SVEN-OLOF LINDQUIST, *Licenciado en Filosofía y Letras;* Geología: ANDERS HÄGGBLOM, *Licenciado en Ciencias Biológicas;* Historia: ALF ÄBERG, *Doctor en Filosofía y Letras,* NILS SYLVAN, *Catedrático de Instituto;* Química: HANS G. HANSSON, *Profesor de Universidad;* Arte: CARLO DERKERT, *Conservador de Museos,* BENGT DAHLBÄCK, *Conservador de Museos;* Medicina: CLAES WIRSEN, *Profesor de Universidad;* Lenguas: CLAES-CHRISTIAN ELERT, *Profesor de Universidad;* Técnica: SIGVARD STRANDH, *Ingeniero;* STEN SÖDERBERG, *Escritor.*

EN LA ADAPTACIÓN ESPAÑOLA HAN INTERVENIDO:

JUAN BALAGUÉ, Licenciado en Derecho. VIRGILIO BEJARANO, Profesor de Universidad. JULIÁN BERMELLO, Licenciado en Medicina, Ingeniero. VICENTE CAÑAMARES, Licenciado en Ciencias Químicas, MANUEL CASTILLO, Licenciado en Filosofía y Letras. MÁXIMO CORTINI, Licenciado en Ciencias Económicas. FERNANDO ESPAÑA, Técnico en Máquinas IBM. IGNACIO GAOS, Licenciado en Filosofía y Letras. CARLOS GISBERT, Ingeniero. GLORIA ISERTE, Licenciada en Ciencias Biológicas. JUAN G. LARRAYA, Profesor de Universidad. JUAN P. MARTÍNEZ-RICA, Doctor en Ciencias Biológicas, Miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. PEDRO PALOL, Ingeniero. ANTONIO PALUZÍE, Astrónomo. JOSÉ M. PRIM, Escritor. MANUEL RUBIO, Doctor en Derecho. EDMOND VALLÉS, Escritor. JUAN VILALTELLA, Profesor de Universidad, Psicólogo. JOSÉ VILANOVA, Profesor de Matemáticas y Física.

EXPERTOS EN CADA TEMA

INSECTOS	1-16	OLLE OLSSON licenciado en ciencias
LUZ	1-12	BO-GÖRAN PETTERSSON profesor de universidad
MAGNETISMO	1-4	BO-GÖRAN PETTERSSON profesor de universidad
MAMIFEROS	1-8	SVEN NILSSON doctor en ciencias
MARIPOSAS	1-4	SVEN NILSSON doctor en ciencias
MATEMATICAS	1-12	BO-GÖRAN PETTERSSON profesor de universidad
MATERIA	1-16	BO-GÖRAN PETTERSSON profesor de universidad
MEDICINA	1-12	CLAES WIRSEN profesor de universidad
MOLUSCOS	1-8	PER-OLOF PALM ayudante de universidad SVEN NILSSON doctor en ciencias
MOSCAS Y MOSQUITOS	1-4	NILS GONNERT
MUSCULOS Y ESQUELETO	1-8	CLAES WIRSEN profesor de universidad
NATURALEZA	1-12	SVEN NILSSON doctor en ciencias OLLE OLSSON licenciado en ciencias
OIDO	1-2	SVEN NILSSON doctor en ciencias OLLE OLSSON licenciado en ciencias
	3-8	CLAES WIRSEN profesor de universidad
OJO	1-2	SVEN NILSSON doctor en ciencias OLLE OLSSON licenciado en ciencias
	3-12	CLAES WIRSEN profesor de universidad
PAJAROS	1-16	ARNE BROMAN redactor OLLE OLSSON licenciado en ciencias
PECES	1-16	ERIK H. KALLEBERG jefe de laboratorio NILS-ARVID NILSSON doctor en ciencias
PERROS	1-8	INGRID AF TROLLE BARBRO FLODQUIST redactor

PLANES DE ESTUDIO

BOTANICA

General:	Botánica Plantas Flores Arboles
Evolución:	Vida Célula Herencia Evolución Botánica 1-2
Ecología:	Naturaleza
Medio ambiente:	Naturaleza 1-2 Hierba
Grupos botánicos:	
Bacterias:	Botánica 1-4 Bacterias y virus
Algas:	Botánica 5-6 Algas
Hongos:	Botánica 5-6 Hongos y setas Algas 1
Musgos:	Botánica 7
Pteridofitas:	Botánica 8
Gimnospermas:	Botánica 9 Arboles
Angiospermas:	Botánica 10 Flores
Plantas útiles:	Frutas y verduras Hierba 11-12 Hongos y setas 3-6 Especias Venenos 6, 9 Tabaco

FISICA

General:	Física Atomo Materia Energía
Temas especiales:	Temperatura Luz Magnetismo
Atomo:	Atomo Materia Química Física
Energía:	Energía Física 7-8 Materia
Electro-magnetismo:	Magnetismo Física

MATEMATICAS

Matemáticas

MEDICINA

General:
Vida
Célula
Herencia

Salud y enfermedad:
Medicina
Enfermedad
- Músculos y esqueleto 7-8
- Piel 7-8
- Cerebro 11-12
- Corazón 11-12
- Pulmones 11-12
- Digestión 11-12
- Riñones 3-4
- Ojo 7-12
- Oído 7-12
- Dientes 7-8
- Bacterias y virus

Cuerpo humano:
Hombre 7-8 (generalidades y regulación hormonal)
Músculos y esqueleto
Piel
Cerebro
Corazón
Pulmones
Digestión
Riñones
Reproducción
Ojo
Oído
Dientes

QUIMICA

General:
Química
Atomo
Materia
Energía

Temas especiales:
Aire
Agua
Rocas, minerales y tierras
Alcohol

Materias fundamentales:
Química 1, 7-8
Materia 3-4
Rocas, minerales y tierras 3-4

Atomo:
Atomo
Materia
Química
Física

Química inorgánica:
Química 7-8
Rocas, minerales y tierras 3-4

Química orgánica:
Química 9-10
Alcohol

Bioquímica:
Química 11-12
Vida
Célula
Herencia
Digestión
Alimentos 1-4

ZOOLOGIA

General:
Zoología
Animales

Evolución:
Vida
Célula
Herencia
Evolución
Zoología 1-2

Ecología:
Naturaleza

Grupos zoológicos:

Animales primitivos:
Zoología 5-6

Mixomicetos:
Zoología 7-8

Celentéreos:
Zoología 7-8

Gusanos:
Zoología 11-12
Gusanos

Artrópodos:
Zoología 11-12
Crustáceos
Insectos
- Abejas y hormigas
- Mariposas
- Moscas y mosquitos

Arácnidos

Moluscos:
Zoología 11-12
Moluscos

Equinodermos:
Zoología 13-14

Procordados:
Zoología 13-14
Peces

Vertebrados:
Zoología 13-14
Peces
Reptiles y anfibios
- Serpientes

Pájaros y otras aves
- Aves de corral

Mamíferos
- Roedores
- Ballenas y otros cetáceos
- Elefantes
- Animales ungulados
  - Caballo
- Vertebrados carnívoros
  - Perros
  - Gatos
- Antropoides
- Hombre

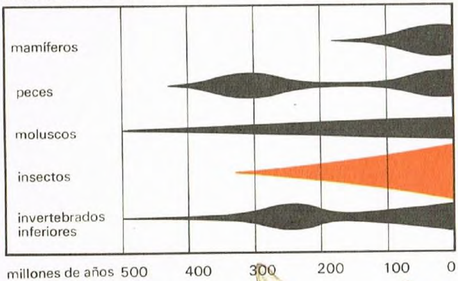
Animales domésticos:
Aves de corral
Caballo
Perros
Gatos
Pájaros y otras aves 14
Peces 13-14
Roedores 2

Anatomía comparada:
Animales 1-2
Músculos y esqueleto 1-2
Piel 1-2
Cerebro 1-2
Corazón 1-2
Pulmones 1-2
Digestión 1-2
Riñones 1
Reproducción 1-4
Ojo 1-2
Oído 1-2
Dientes 1-2



Un grupo animal muy prolífico

En ampliaciones fotográficas, los insectos adquieren un aspecto terrible: aquí aparece una cicindela devorando a una hormiga. En la Tierra, la vida animal está hoy dominada por los insectos, grupo reciente pero de rápida expansión (ver abajo).



INSECTOS

Posibles dominadores del mundo

Los insectos, aunque generalmente son pequeños e insignificantes, constituyen el grupo animal más perjudicial para el hombre, a causa, sobre todo, de su incalculable cantidad. Debido a su capacidad para adaptarse a los medios más diversos, los insectos constituyen el grupo animal más numeroso de nuestro planeta.

La variedad en el aspecto y modo de vida de estos seres es enorme. Su constante búsqueda de nuevas formas de nutrición ha motivado la adopción de un sistema de vida parasitario. Más de una tercera parte de ellos vive cazando o parasitando otros insectos.

El número de especies conocidas de insectos es de unas 800 000, más de las 3/4 partes de todas las especies animales existentes. Ciertos expertos aseguran que aún queda por descubrir un número de especies de insectos igual o superior al señalado.

Los insectos afectan a la humanidad, entre otras cosas, por ser agentes portadores de infecciones o epidemias. Por tanto, para proteger contra su acción perjudicial nuestra existencia, se requiere un conocimiento exacto y profundo de los insectos. Estudiando estos seres y los medios en que viven pueden conocerse los mecanismos más complejos y especiales de la naturaleza, p. ej.,

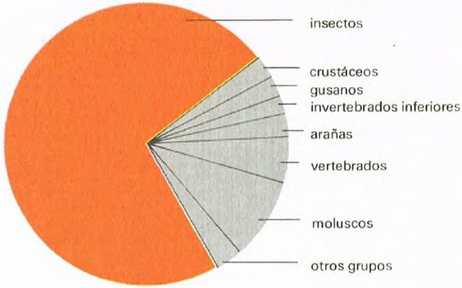


Insectos acuáticos y aéreos

En un lago existe una gran cantidad de insectos diferentes. En el grabado aparece una libélula capturando moscas de las flores; en el agua viven otros insectos y larvas. En la orilla del lago puede verse una avispa de la arena, con su presa. La larva de este insecto crece en una galería subterránea, alimentándose de larvas de otra especie.

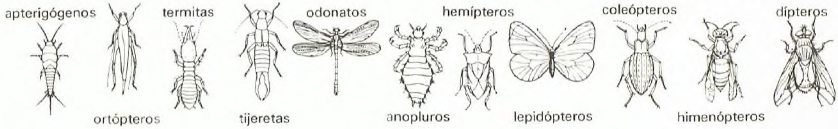
los sistemas sociales organizados de los animales. Los insectos han contribuido en alto grado al desarrollo de otros grupos de organismos, tanto animales como vegetales, en particular, de las flores, cuya polinización realizan.

Forman un grupo animal con posibilidades de desarrollo prácticamente ilimitadas. En un porvenir muy lejano, quizás cuando la humanidad se haya destruido a sí misma, los insectos pueden llegar a ser los nuevos dominadores del planeta. No obstante, no poseen las propiedades mentales y físicas con las que les sería posible derrocar la posición dominante del hombre, aun cuando su elevadísimo número puede ocasionar graves perjuicios a la humanidad.



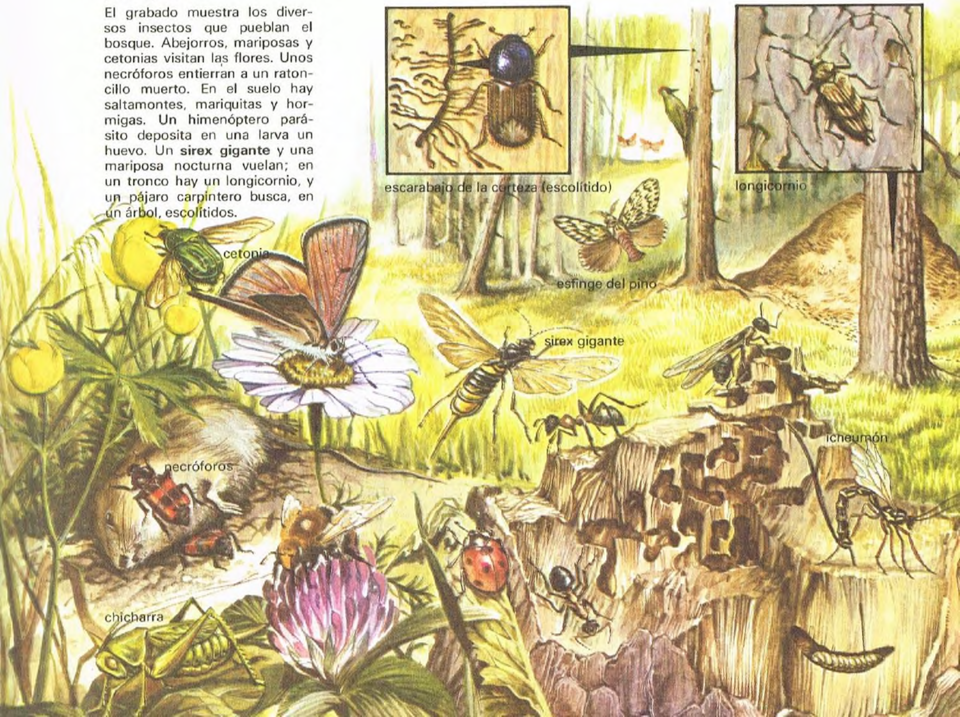
Número y sistemática

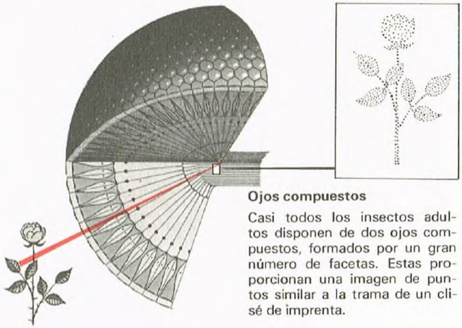
El círculo indica la proporción, en cuanto a número de especies, de los distintos grupos animales. Los insectos predominan ampliamente. Los vertebrados constituyen un sector muy pequeño. La serie ilustrada abajo representa los principales grupos de insectos. Casi todos los insectos que podemos encontrar en la naturaleza pertenecen a uno de estos grupos.



Insectos en el bosque y en el prado

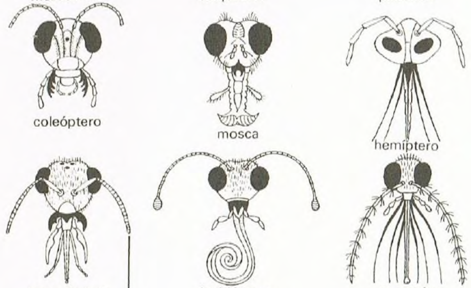
El grabado muestra los diversos insectos que pueblan el bosque. Abejorros, mariposas y cetonias visitan las flores. Unos necróforos entierran a un ratoncillo muerto. En el suelo hay saltamontes, mariquitas y hormigas. Un himenóptero parásito deposita en una larva un huevo. Un **sirex gigante** y una mariposa nocturna vuelan; en un tronco hay un longicornio, y un pájaro carpintero busca, en un árbol, escolítidos.





Ojos compuestos

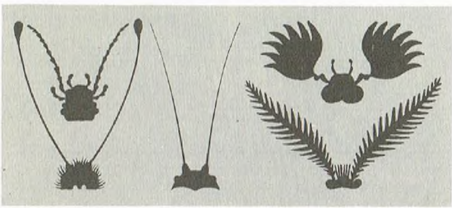
Casi todos los insectos adultos disponen de dos ojos compuestos, formados por un gran número de facetas. Estas proporcionan una imagen de puntos similar a la trama de un clisé de imprenta.



Cabeza y aparato bucal

En la cabeza de los insectos, además de los ojos, se encuentran las antenas y la boca. Esta puede variar mucho. Es masticadora, p. ej., en los coleópteros e himenópteros. Es chupadora en las mariposas, teniendo entonces forma de trompa y, en ciertas moscas, de tubo corto y robusto. Los mosquitos poseen una boca picadora que también se encuentra en otros insectos, p. ej., en los hemípteros (chinches).





Antenas

En las antenas de los insectos se encuentran varios órganos sensitivos importantes que registran sensaciones de tacto, sonido, temperatura y humedad, así como una sensación conjunta de olfato y gusto. En la presente figura aparecen algunos tipos de antenas. Por encima de esta figura se muestra una sección de una antena, en la que pueden verse dos tipos de células sensitivas: unas, en forma de filamento; las otras, en forma de placa.

Anatomía del insecto

Los insectos son animales pertenecientes al tipo de los *artrópodos*, en el que también se incluyen los arácnidos y crustáceos. Se distinguen de los demás artrópodos, por poseer sólo 3 pares de patas, y un cuerpo dividido en *cabeza, tórax* y *abdomen*.

Los diferentes órdenes de insectos tienen la misma organización básica. Las variaciones existentes en la boca, antenas, patas y alas dependen principalmente de las adaptaciones al medio.

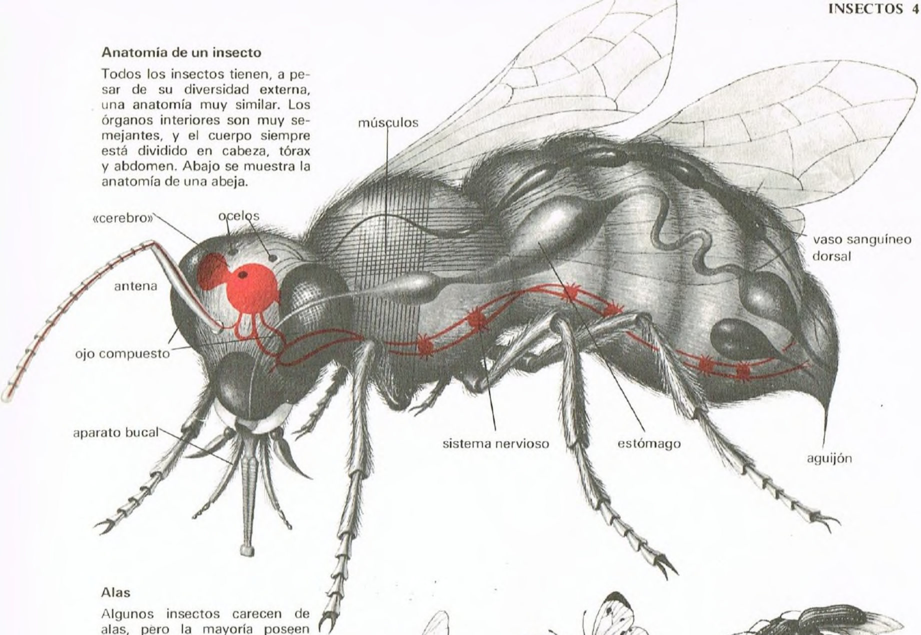
Los *órganos internos* de los insectos son similares en todos los grupos. En la cabeza se encuentra una especie de *"cerebro"* que, por medio de un anillo nervioso que rodea el esófago, conecta con una cadena de ganglios nerviosos situados a lo largo del cuerpo. El *aparato respiratorio* se compone de unos conductos de quitina muy ramificados, las tráqueas, que se abren al exterior, en varios puntos del cuerpo, y conducen el oxígeno a todas las células, por lo que no se requiere una *circulación sanguínea* compleja. Existe un vaso dorsal, formado por varias cámaras, del que sale una pequeña aorta que va a parar a las lagunas que bañan los órganos. El *tubo digestivo* es bastante grande.

La mayoría de los insectos poseen dos ojos compuestos, y muchos están dotados, además, de ojos simples, generalmente tres. Los ojos compuestos están constituidos por un gran número de ojos parciales, llamados omatidios, cada uno provisto de córnea y cristalino. La mosca posee en cada ojo unos 4 600 omatidios; las libélulas, aprox. 30 000. Cada uno de los omatidios recoge una pequeña parte de la imagen de un objeto, y la impresión total está constituida por todas estas impresiones parciales. Los *ojos simples*, u ocelos, son de estructura muy sencilla; su función no está aún claramente definida. Mediante experimentos se ha sabido que al menos las abejas poseen un sentido muy desarrollado del color: les es posible percibir incluso la luz ultravioleta. Un insecto puede volar en línea recta, si mantiene, en ángulo constante con el sol, la superficie de los ojos. Cualquier otra fuente de luz, p. ej., la procedente de una lámpara, le confunde.

En las *antenas* están localizados algunos sentidos, como el olfato, el gusto, el tacto y el sentido de la temperatura y humedad. Otras células sensitivas se encuentran en la boca, patas delanteras y alas. Los pelos que, en algunos casos, sobresalen del caparazón de los insectos pueden transmitir sensaciones táctiles. Muchos insectos, principalmente los sociales, pueden comunicarse entre sí, con las antenas.

Anatomía de un insecto

Todos los insectos tienen, a pesar de su diversidad externa, una anatomía muy similar. Los órganos interiores son muy semejantes, y el cuerpo siempre está dividido en cabeza, tórax y abdomen. Abajo se muestra la anatomía de una abeja.



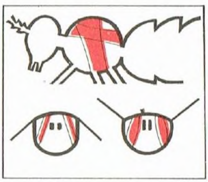
Alas

Algunos insectos carecen de alas, pero la mayoría poseen unas alas situadas en el tórax. Las moscas sólo tienen dos (dípteros); los demás están dotados de dos pares de alas. Las alas de algunos insectos – p. ej., las de las mariposas – alcanzan gran tamaño. Algunas veces el primer par de alas se transforma en élitros, duros en los coleópteros, y algo más blandos en los hemípteros. Estos élitros protegen las alas voladoras. Los movimientos de vuelo se deben a unas bandas musculares del tórax. Las alas se bajan por medio de unos músculos longitudinales, y se elevan por otros transversales (a la derecha).


dos alas


cuatro alas


élitros duros

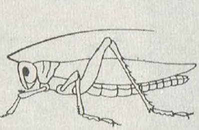



élitros semiduros


áptero (sin alas)

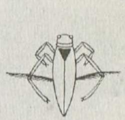
Patas

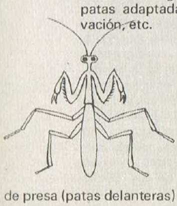
Todos los insectos tienen seis patas fijas en el tórax. La forma de éstas varía según el modo de vida del insecto, pero la constitución es siempre la misma. En las figuras adjuntas podemos ver algunos ejemplos de patas adaptadas al salto, excavación, etc.


saltadoras


excavadoras


deslizadoras


nadadoras


de presa (patas delanteras)

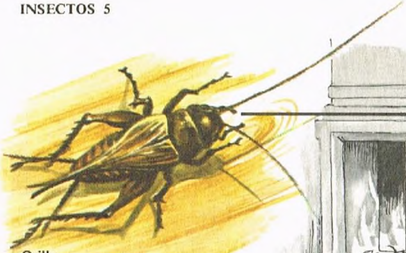

prensoras


corredoras


remadoras


colectoras


adhesivas





Grillo

El grillo doméstico va desapareciendo de los hogares actuales, expulsado por la higiene moderna. Al igual que el grillo campestre, emite un chirrido característico, aunque menos intenso que el de aquél.



Santateresa

En reposo, las patas anteriores de la santateresa parecen unas manos orantes. Se trata de un feroz insecto de presa (a la derecha). Durante la fecundación, la hembra suele, incluso, devorar al macho.

Alacrán cebollero

El alacrán cebollero, de una longitud de 4 a 5 cm, se encuentra en todo el mundo. Al igual que el topo, excava, con sus poderosas patas, unas galerías subterráneas.



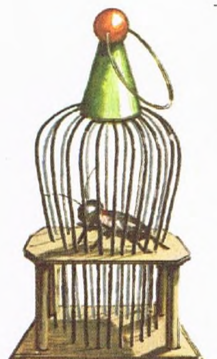
Los músicos del mundo de los insectos

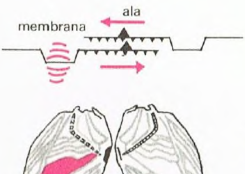
Ningún insecto posee *voz*, pero algunos emiten sonidos peculiares, en especial los *ortópteros*, de los que se acostumbra a decir que son los músicos del mundo de los insectos. A este orden corresponden, entre otros, los grillos, saltamontes, santateresas, etc. La mayoría de los ortópteros poseen boca masticadora y alas delanteras de tipo protector. Además sufren la llamada *metamorfosis sencilla*, o sea, que las larvas recién salidas de los huevos se asemejan a los insectos adultos, aun cuando algunos de sus órganos, principalmente las alas, no están completamente desarrollados.

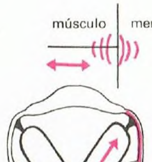
En esta página se muestran algunos ejemplos de ortópteros. El grillo, al frotar una con otra las dos alas de protección, produce un canto o chirrido. Solamente el macho puede emitir este canto, aun cuando tanto la hembra como el macho poseen, en las patas delanteras, órganos auditivos. El grillo posiblemente provenga del norte de Africa.

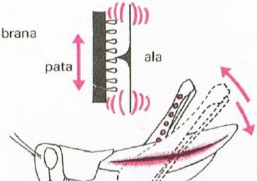
La santateresa *(Mantis religiosa)* proviene de los trópicos. Ha recibido su nombre debido a que, en estado de reposo, sus patas delanteras adoptan una postura como de oración. Pero se trata, en realidad, de un animal muy feroz. La hembra suele devorar al macho, incluso antes de terminar el apareamiento, que normalmente dura de cuatro a seis horas.

El alacrán cebollero tiene un aspecto extraño, a causa de sus robustas patas delanteras, en forma de pala. Existen









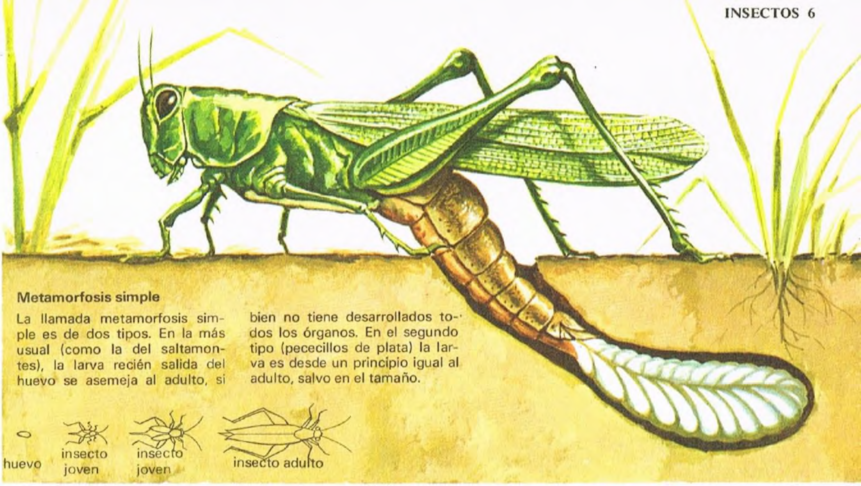
Insectos músicos

El hombre suele apreciar el canto de los insectos. En algunos países se introducen en pequeñas jaulas grillos, para disfrutar de su canto. Algunos tonos son tan agudos que resultan inaudibles para el hombre. Generalmente sólo los machos son capaces de cantar, principalmente con el fin de atraer a las hembras.

cigarra



Este canto puede originarse de diferentes formas. El grillo lo produce al frotar un ala contra la otra. La cigarra (a la izquierda) origina unos rápidos castañeteos, haciendo vibrar unas membranas situadas en su abdomen. El saltamontes frota las protuberancias de la cara interna de sus patas traseras, contra el borde de los élitros, haciéndolo vibrar.



Metamorfosis simple

La llamada metamorfosis simple es de dos tipos. En la más usual (como la del saltamontes), la larva recién salida del huevo se asemeja al adulto, si bien no tiene desarrollados todos los órganos. En el segundo tipo (pececillos de plata) la larva es desde un principio igual al adulto, salvo en el tamaño.

lepisma o pececillo de plata





Metamorfosis compuesta

Muchos insectos, entre ellos las mariposas, poseen una metamorfosis compuesta, pasando por los estadios de huevo, larva, pupa y adulto.

Saltamontes

Antes de la puesta de los huevos, la hembra del saltamontes (arriba) excava en el terreno un agujero, trabajo penoso que dura aproximadamente una hora. Cuando va a desovar, la hembra alarga extraordinariamente su abdomen, lo introduce en el orificio del suelo, y pone en una hilera los huevos, envueltos en una sustancia espumosa.

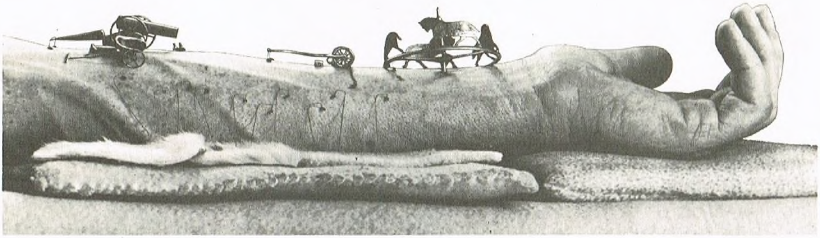
En la fotografía inferior se muestra una plaga de langosta. A causa de su enorme número, estos animales pueden llegar a obscurecer el cielo, sin dejar, a su paso por el terreno, una brizna de hierba.





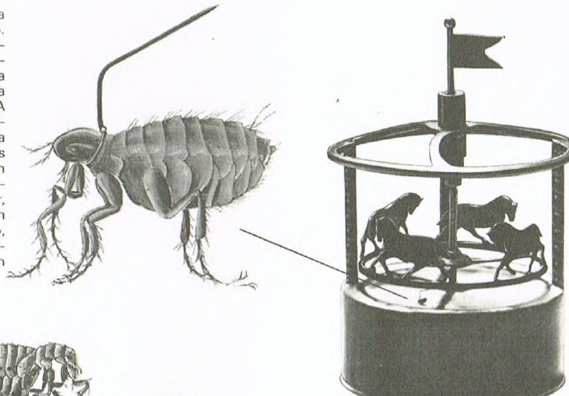
varias especies de este insecto. Macho y hembra poseen órgano sonoro —similar al del grillo común—, si bien la sonoridad es más fuerte en el macho. Este atrae con su canto a las hembras, y éstas contestan aceptando el apareamiento. Ambos poseen órganos auditivos que se hallan en las patas delanteras.

En los *saltamontes*, tanto el macho como la hembra pueden emitir sonido, frotando las patas posteriores contra las nerviaciones de las alas protectoras. El órgano del oído se encuentra, generalmente, en el abdomen. Las *langostas*, una plaga de la que ya se habla en la Biblia, abundan principalmente en las zonas tórridas de Africa. Cuando empieza a volar una nube de langostas, produce un ruido ensordecedor. Entre los músicos del mundo de los insectos debe citarse también a la *cigarra*, aun cuando no se trata de un ortóptero, sino de un hemíptero. El macho produce su canto, mediante unas membranas vibrantes situadas en el abdomen.



Circo de pulgas

Antaño el circo de pulgas era un espectáculo muy apreciado. Manteniendo a las pulgas encerradas en unas jaulas de techo muy bajo, se las enseñaba a no saltar y, a continuación, a efectuar diferentes trabajos. A algunas se les colocaba un sistema de riendas, y su fuerza era aprovechada para tirar de unos carritos, o bien, como se ve en la figura, para hacer girar un tiovivo en miniatura. Para comer, estos insectos se colocaban en el brazo del «director del circo», incluso con carros y demás artificios, ya que éstos resultaban difíciles de desacoplar.





pulga del perro

pulga de la rata

pulga de la arena

Eliminación de parásitos

Las pulgas chupan sangre de mamíferos. Actualmente se conocen unas 500 especies de pulgas. La de la rata transmite la peste bubónica; vive principalmente en Oriente, pero, en épocas de guerra, puede presentarse también en Europa. En la figura se muestra el espulgo de prisioneros chinos, en un campo de concentración, durante la guerra de Corea.



Pulgas y piojos

Hoy en día habrá, quizás, personas que jamás hayan visto una *pulga*, a no ser en los circos de pulgas de algún parque de atracciones. La disposición del cuerpo de estos insectos es bastante especial, sobre todo por las patas traseras, por medio de las cuales pueden dar saltos de hasta 200 veces su longitud.

Las pulgas succionan sangre de los mamíferos y aves. Además de la *pulga común*, son también corrientes la *pulga del perro* y la *pulga de la gallina*. Especialmente temible es la *pulga de la rata*, que transmite la peste de las ratas a las personas. Antiguamente esta enfermedad estaba extendida por todo el mundo, pero hoy ha sido combatida de manera eficaz, y tan sólo existen casos en el Oriente y en los trópicos. Además, la peste suele aparecer en épocas de guerra, cuando la higiene es deficiente: entonces se origina fácilmente el maléfico ciclo ratas-pulgas-peste. Para prevenir esta enfermedad nada es más eficaz que el exterminio de las ratas; durante la Segunda Guerra Mundial

se recurrió, como medida preventiva, al espulgo de los combatientes, con insecticidas.

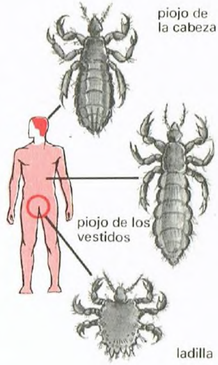
En ciertas regiones tropicales y subtropicales, las *pulgas de arena* pueden originar en las personas unas inflamaciones muy desagradables. Tanto el macho como la hembra succionan sangre. Cuando ésta va a poner huevos, suele introducirse bajo la piel del animal parasitado, produciendo inflamaciones e infecciones que pueden propagarse por todo el cuerpo, a través de los vasos sanguíneos.

También los *piojos* pueden propagar peligrosas enfermedades. El piojo de la cabeza, el del vestido y la ladilla son parásitos que succionan sangre humana, pero otros piojos pueden parasitar distintos animales. Los piojos disponen de unas garras muy fuertes que les sirven para fijarse en los pelos de los animales. Entre los parásitos del hombre figuran los *piojos de la cabeza,* los *piojos de los vestidos* y las *ladillas.* Los primeros suelen asentarse en el cabello; los segundos, en los trajes; y las ladillas, en los pelos situados junto a los órganos genitales. Cada cierto tiempo la hembra deposita huevos, las liendres, que se fijan fuertemente a los pelos. No obstante, en los países industrializados, cada día son menos frecuentes los piojos, debido a las altas condiciones higiénicas que en ellos suelen reinar.

Otros parásitos —tanto de animales como de plantas— también temidos o combatidos por el hombre son las chinches, las cochinillas y los pulgones.

Piojos

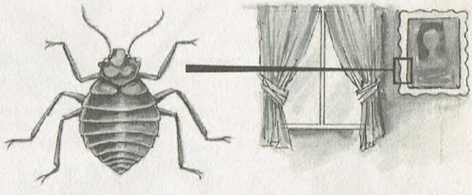
Los piojos, al igual que las pulgas, chupan sangre. El piojo de la cabeza, el de los vestidos y la ladilla parasitan el hombre. El piojo de la cabeza se fija en el cuero cabelludo; el de los vestidos, en cualquier parte del traje de una persona; y la ladilla, en los pelos situados en los órganos genitales. Aunque la picadura de los piojos es muy desagradable, peor es aún su capacidad para transmitir ciertas enfermedades infecciosas, como el tifus exantemático. No obstante, la higiene moderna ha hecho desaparecer casi completamente estos insectos. Los piojos suelen parasitar muchos animales. Los visitantes de parques zoológicos pueden ver cómo los monos despiojan el pelaje de sus compañeros.





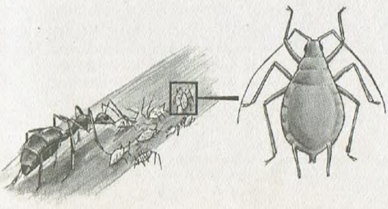
Hemípteros

Las chinches, los pulgones y las cochinillas no pertenecen al orden de los piojos, sino al de los hemípteros. Sin embargo, solemos asociarlos a los parásitos antes citados. Durante el día la chinche suele ocultarse en las rendijas de la madera, de donde sale, por la noche, para nutrirse de la sangre de los habitantes de la casa, mientras duermen.



chinche

pulgón



cochinilla



Los pulgones atacan las hojas y las yemas de muchas plantas. Segregan un líquido dulce muy codiciado por las hormigas. El pulgón puede originar graves daños, p. ej., en los frutales.

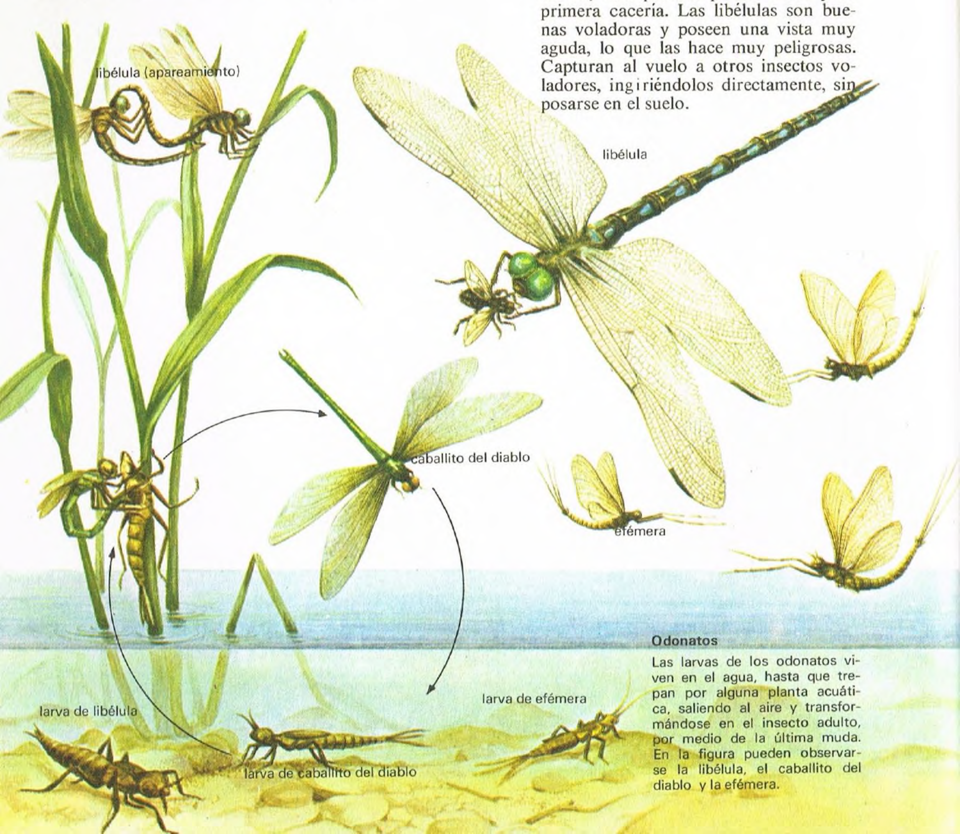


Libélulas gigantes

Ya en el Carbonífero, hace más de 300 millones de años, existían las libélulas. Entonces eran gigantescas, con una envergadura igual a la de un cuervo. Muchos millones de años después, estas libélulas se hicieron menores. Servían entonces de alimento a los grandes reptiles voladores.

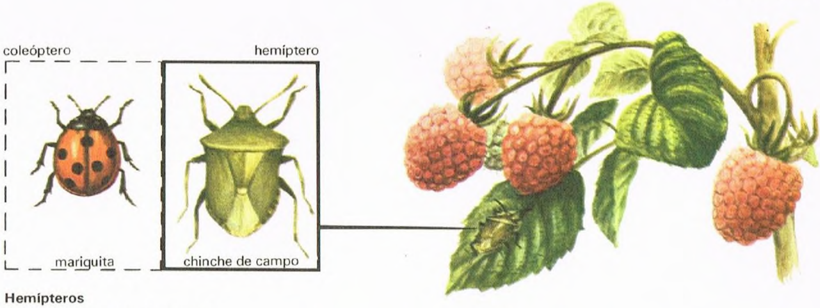
Libélulas y hemípteros de atractivos colores

Los primeros odonatos, las *libélulas* del período Carbonífero, fueron insectos que vivieron hace más de 300 millones de años. Los hallazgos fósiles nos permiten saber que estos animales alcanzaban gran tamaño, ya que podían medir hasta 75 cm de envergadura.
Actualmente se conocen unas 5 000 especies de libélulas; de ellas, alrededor de 100 son europeas. Sus larvas viven en el agua, un año como mínimo, y son cazadoras, teniendo el labio inferior transformado en un apéndice que se dispara rapidísimamente hacia adelante, capturando a la presa. La larva, durante su desarrollo, muda varias veces de piel; al final del mismo trepa por el tallo de alguna planta acuática, hasta situarse en el aire; allí aguarda hasta que la cutícula se abre a lo largo del dorso. Por la abertura formada sale el insecto adulto, listo para su primer vuelo y su primera cacería. Las libélulas son buenas voladoras y poseen una vista muy aguda, lo que las hace muy peligrosas. Capturan al vuelo a otros insectos voladores, ingiriéndolos directamente, sin posarse en el suelo.



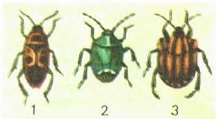
Odonatos

Las larvas de los odonatos viven en el agua, hasta que trepan por alguna planta acuática, saliendo al aire y transformándose en el insecto adulto, por medio de la última muda. En la figura pueden observarse la libélula, el caballito del diablo y la efémera.



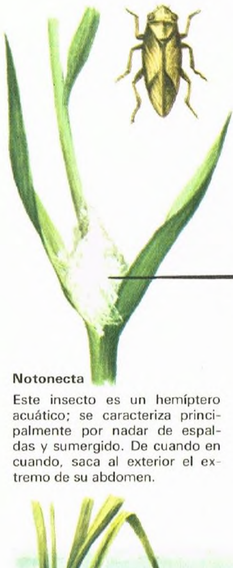
Hemípteros

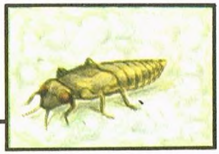
Los hemípteros (representados aquí por una chinche de campo) poseen unos élitros semiduros, a diferencia de los coleópteros (a la izquierda, una mariquita), cuyos élitros son muy duros. Hemípteros y coleópteros poseen un colorido muy vistoso: a la derecha se hallan representados un ligeido (1), un euridema (2), y un grafosoma (3).



Chinches de campo

Existe un gran número de insectos de la familia de los pentatómidos. En las plantas y en los frutos cuyo jugo succionan depositan un líquido muy amargo. Una frambuesa por la que ha pasado uno de estos insectos se torna tan amarga que ya no es comestible.





Cicadélidos

La larva de estos insectos vive en las plantas; se rodea por una sustancia espumosa – se trata, en realidad, de su excremento – con la que se protege durante su desarrollo, hasta convertirse en el insecto adulto.

Durante el apareamiento, es curiosa la postura que adoptan las libélulas, ya que el órgano copulador del macho se encuentra en la parte anterior de su abdomen, mientras que el orificio genital de la hembra se halla en el extremo de su abdomen. Durante la cópula, el macho sujeta con el extremo de su abdomen la cabeza de la hembra, pudiendo ambos insectos volar, durante mucho tiempo, en esta posición. Los huevos son depositados en plantas acuáticas, o libremente en el agua.

Las *efémeras* constituyen un grupo de insectos que cuenta con unas 2 000 especies. Las larvas de las efémeras permanecen en el agua, durante tres años, pero, una vez convertidas en el animal adulto, tan sólo viven un día, ya que su única misión es la de reproducirse. El macho muere inmediatamente después de la fecundación, mientras que la hembra lo hace después de la puesta.

Los hemípteros constituyen un grupo muy numeroso y variado de insectos. La mayoría de los hemípteros y sus larvas viven de la savia de las plantas, para lo que poseen en la boca unos apéndices tubulares y afilados mediante los que succionan esta savia. Así se nutren las chinches de campo, los cicadélidos, los pulgones y las cochinillas. Otros hemípteros terrestres cazan a la carrera sus presas. Los patinadores, que viven en la superficie del agua, son, al igual que los demás hemípteros acuáticos, animales de presa. A un tercer grupo de hemípteros pertenece la chinche común, que succiona sangre humana (ver pág. 8).

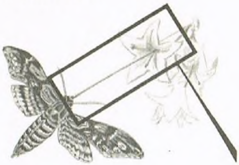
Notonecta

Este insecto es un hemíptero acuático; se caracteriza principalmente por nadar de espaldas y sumergido. De cuando en cuando, saca al exterior el extremo de su abdomen.

Patinador

La tensión superficial del agua permite a este insecto deslizarse sobre ella, como por una pista de baile. Este insecto captura con las patas delanteras su presa.

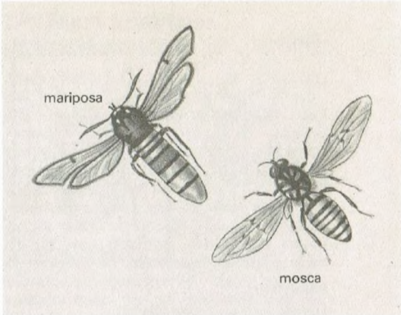


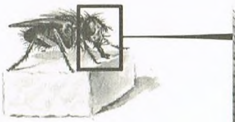




Lepidópteros

Los lepidópteros o mariposas poseen la boca en forma de trompa chupadora, cuya longitud puede ser muy grande, como ocurre en el caso de las mariposas de la familia de las esfinges.







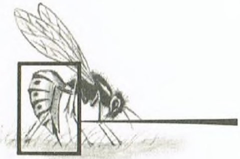
Dípteros

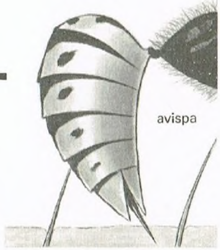
Casi todas las moscas e insectos similares poseen una boca con una trompa chupadora-lamedora, según se muestra en la figura. En algunas especies de moscas que se alimentan de sangre – p. ej., el tábano –, la boca está convertida en aguijón.





Los mosquitos son otros dípteros, provistos de aguijón, que succionan sangre y causan grandes molestias – e incluso enfermedades – a las personas.





Himenópteros

Muchos insectos provistos de aguijón, como las avispas y abejas, son himenópteros. El aguijón se halla al final del abdomen.

Insectos con aguijón y sin él

Los *lepidópteros, dípteros* e *himenópteros* –los más importantes grupos de insectos– son tratados más extensamente bajo los capítulos Mariposas, Moscas y mosquitos, y Abejas y hormigas (este último capítulo está referido, en general, a los insectos sociales).

El desarrollo de los lepidópteros, dípteros e himenópteros comprende una metamorfosis compuesta. A los grupos antes mencionados pertenece un gran número de insectos provistos de aguijón. Algunas moscas y muchos mosquitos poseen aguijón en la boca, mientras que las abejas, abejorros, avispas y otros himenópteros lo tienen situado en el extremo de su abdomen. Ciertos tipos de mariposas y de moscas han adoptado una similitud (mimetismo) bastante notable con la avispa, con el fin de ser respetados por los pájaros insectívoros, que temen el aguijón de las avispas.

Los *himenópteros* forman un grupo numeroso y variado, del que se conocen más de 100 000 especies. Con frecuencia poseen dos pares de alas muy delgadas y transparentes. Sus ojos, al igual que los demás sentidos, están, generalmente, muy desarrollados. Los himenópteros se dividen en fitófagos, portataladros y portaaguijones. Muchos de los himenópteros fitófagos son muy perjudiciales. A la hora de la puesta, la hembra del sirex gigante introduce su robusto apéndice en el tronco de un árbol, el cual posteriormente queda perforado por las larvas, y completamente destruido. Otros himenópteros fitófagos depositan los huevos en las hojas y yemas.

Las hembras de los llamados himenópteros taladradores depositan en otras larvas sus huevos, con el fin de que las suyas dispongan siempre de alimento fresco. A este grupo pertenecen los cinípidos, cuyas larvas viven de las plantas, y segregan un líquido que origina las llamadas agallas, excrecencias for-



El mimetismo protector

Existen mariposas y moscas que han adquirido un aspecto similar al de las avispas. Parece ser que ello puede amedrentar a sus enemigos, a los que el aguijón de la avispa infunde temor.





Insectos sociales

Los himenópteros sociales (abejas, avispas y hormigas) parecen poseer un instinto muy superior al de los demás insectos. En la colmena, en el avispero o en el hormiguero, se prestan muchos cuidados a las crías. (Ver también Abejas y hormigas).

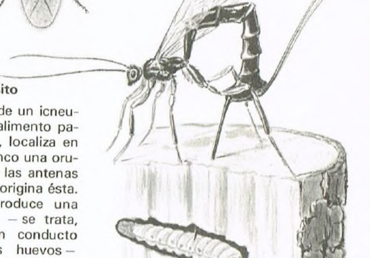


madas en algunos vegetales, por la picadura de estos himenópteros.
En los himenópteros con aguijón, el apéndice ovipositor de las hembras se ha transformado en un aguijón con su correspondiente glándula venenosa. Además de los himenópteros sociales (abejas, abejorros, avispas, hormigas), se incluyen en este gran grupo, entre otros, las avispas cuclillo y los bembex. Las primeras poseen un fuerte colorido azul, rojo y verde, que las convierte, quizás, en los insectos más vistosos. La avispa de la arena, así como otros himenópteros de presa, depositan sus huevos, en una larva, araña o en cualquier otra presa, a la que previamente paralizan con su aguijón.



Cinípidos

Sus larvas viven en las plantas. Estas larvas segregan un líquido con el que se provoca la formación de una excrecencia en los tejidos de la planta. Estas excrecencias son las agallas.

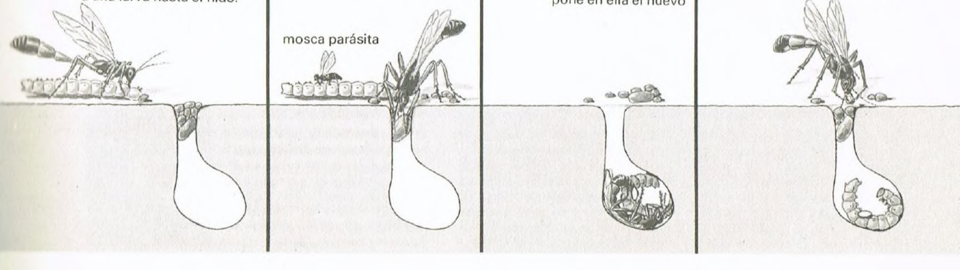


La avispa de la arena

Véase abajo a una avispa de la arena arrastrando a una oruga inmovilizada, hasta un orificio excavado antes y cubierto con piedrecillas. Mientras retira las piedras, una mosca parásita aprovecha la ocasión para desovar sobre la oruga. La avispa introduce en el orificio la larva, y pone en ella un huevo, sin sospechar que su cría tendrá que compartir con otros insectos el alimento.

Himenóptero parásito

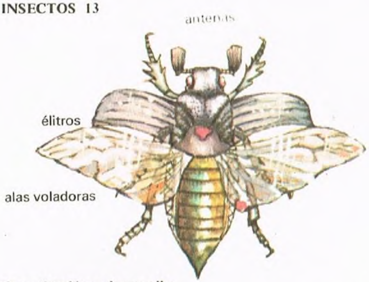
Cuando la hembra de un icneumón ha de buscar alimento para su descendencia, localiza en el interior de un tronco una oruga, registrando con las antenas las vibraciones que origina ésta. A continuación introduce una especie de aguijón – se trata, en realidad, de un conducto para depositar los huevos – hasta la larva, colocándolos sobre el cuerpo de la misma.



Coleópteros, insectos acorazados

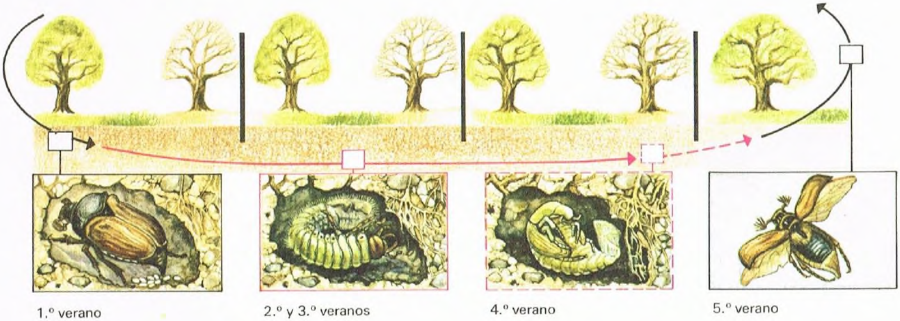
De los *coleópteros* se conocen unas 300000 especies, lo que, por ahora, hace de este orden el más extenso del mundo animal.

Los coleópteros poseen un robusto *exoesqueleto* de quitina. Una parte muy importante de éste la constituyen los *élitros,* con los que se protegen las *alas voladoras.* Los élitros poseen, por lo general, un colorido intenso y diversos adornos. En el vuelo, los élitros se mantienen generalmente separados y levantados. Algunos coleópteros, p. ej., la cantárida o la luciérnaga, poseen élitros blandos. En otros, los élitros son muy cortos. Existen también coleópteros, como son algunos corredores de presa, que carecen de alas voladoras. Las *antenas* son de forma muy variable. El escarabajo de San Juan las posee



Constitución y desarrollo

El cuerpo de los coleópteros está protegido por un caparazón, parte del cual está constituido por los élitros, que protegen a las alas de vuelo y al abdomen. El tórax y la cabeza también están protegidos por el caparazón. Las patas y las antenas poseen formas variadas. Los coleópteros tienen metamorfosis compuesta. El escarabajo de S. Juan requiere, para su desarrollo, mucho tiempo. La larva nace al mes de la puesta, pero, durante 4 veranos, vive bajo tierra. Después de este período se transforma en un insecto adulto, un mes después de su transformación en pupa. Al siguiente verano este coleóptero sale al exterior, para aparearse.









Carnívoros y vegetarianos

Entre los coleópteros existen carnívoros y vegetarianos. La mariquita es beneficiosa, ya que devora los pulgones. En cambio, el escarabajo de la patata es uno de los insectos más temidos, ya que puede destruir grandes plantaciones de patatas.

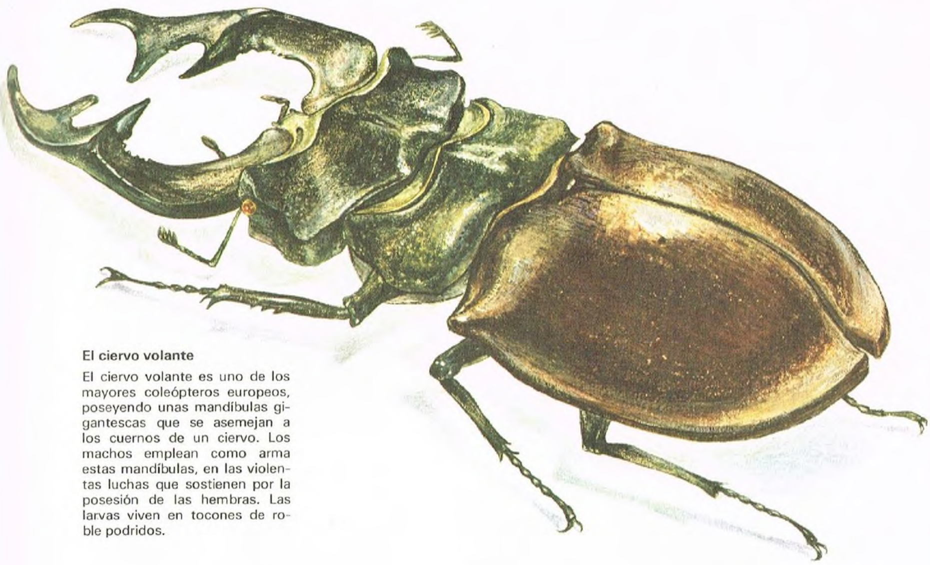
La luciérnaga

La hembra de la luciérnaga es áptera; en cambio, el macho es volador; ambos pueden emitir, por dos manchas abdominales, una luz de origen químico. La de la hembra es más potente, atrayendo de esta forma al macho que, por sus alas, tiene mayor movilidad.

El escarabajo sagrado



El pelotero forma una bola de estiércol, que servirá de alimento para él y sus larvas. Los egipcios consideraban sagrado a este animal, pues creían que les protegía contra las enfermedades; reproducciones de este coleóptero se empleaban como amuletos.



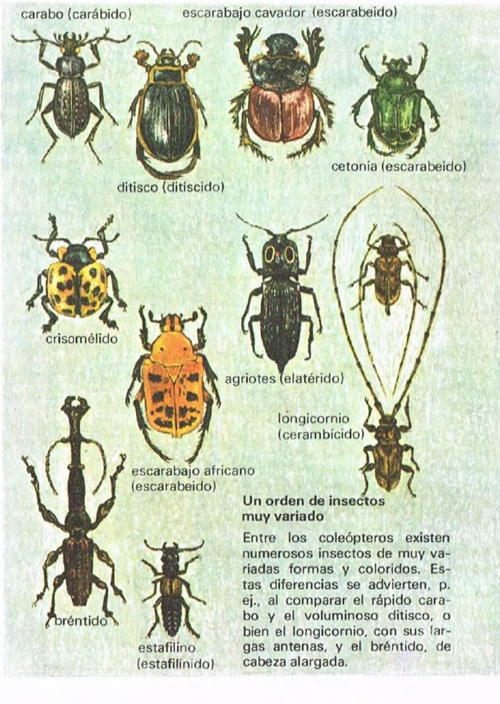
El ciervo volante

El ciervo volante es uno de los mayores coleópteros europeos, poseyendo unas mandíbulas gigantescas que se asemejan a los cuernos de un ciervo. Los machos emplean como arma estas mandíbulas, en las violentas luchas que sostienen por la posesión de las hembras. Las larvas viven en tocones de roble podridos.

muy anchas y hojosas, mientras que en los longicornios son muy largas y delgadas. La forma de las *patas* también varía mucho. Las patas del ditisco, un escarabajo acuático, evocan unas aletas. Las cicindelas poseen patas muy largas. Otros coleópteros están dotados de patas excavadoras, en forma de pala. A este último tipo pertenecen muchas especies bien conocidas, como el escarabajo de San Juan, los diversos tipos de peloteros, etc. El escarabajo pelotero excava una larga galería e introduce en ella una bola de excremento, que servirá de alimento tanto a él como a sus larvas.

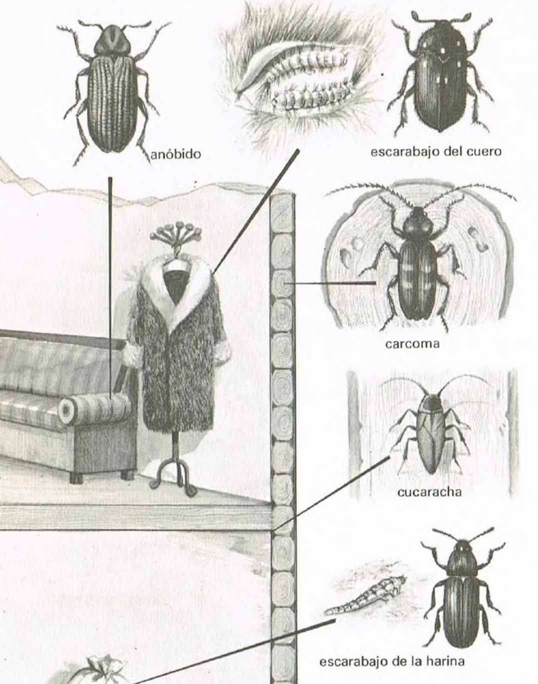
La boca de los coleópteros es masticadora. La mandíbula del ciervo volante se ha desarrollado hasta formar un arma en forma de enormes pinzas. Los bréntidos se caracterizan por tener la cabeza alargada, y las mandíbulas en el extremo de ésta.

Los elatéridos, en caso de quedar boca arriba, poseen la propiedad de doblarse bruscamente, volviendo a su posición normal. Las larvas de estos insectos originan grandes daños en muchos tipos de cultivos. Otros coleópteros que ocasionan perjuicios graves a las plantas son los escarabajos de las hojas, entre ellos el de la patata. Hay insectos que viven del néctar y del polen de las flores, entre los que figuran las cetonias, que poseen unos élitros de un color muy atrayente.



Un orden de insectos muy variado

Entre los coleópteros existen numerosos insectos de muy variadas formas y coloridos. Estas diferencias se advierten, p. ej., al comparar el rápido carabo y el voluminoso ditisco, o bien el longicornio, con sus largas antenas, y el bréntido, de cabeza alargada.



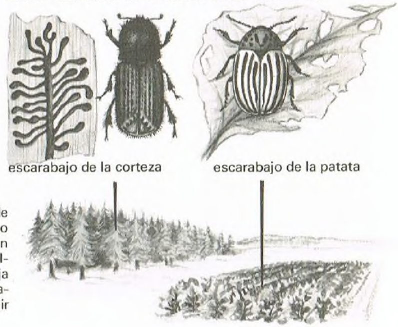


Ataque y contraataque

Los insectos son una amenaza permanente contra el hombre que, si bien ha aprendido a dominar, en parte, a los elementos, tiene que luchar con estos animales, minúsculos pero numerosísimos.

Los insectos son muy peligrosos, principalmente por su capacidad de propagar enfermedades. La malaria, p. ej., que es transmitida por un mosquito, ocasiona al año más víctimas que cualquier otra enfermedad. Otros propagadores de enfermedades son los piojos (transmiten el tifus), las pulgas (la peste), moscas tsé-tsé (la enfermedad del sueño), e incluso las moscas comunes (el tifus, la disentería y el cólera).

Los insectos transmiten además muchas enfermedades a las plantas. Por lo general se trata de enfermedades debidas a bacterias, hongos y virus. Las enfermedades víricas son transmitidas por insectos que poseen aguijón, como muchos himenópteros y los pulgones. Ante estos insectos la medida más eficaz es

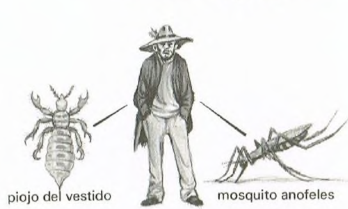


En el bosque y en el terreno

Entre los insectos dañinos de los árboles figura el escarabajo de la corteza, cuyas larvas van formando galerías, principalmente en los árboles de hoja perenne. El escarabajo de la patata y sus larvas pueden destruir extensos cultivos de patata.

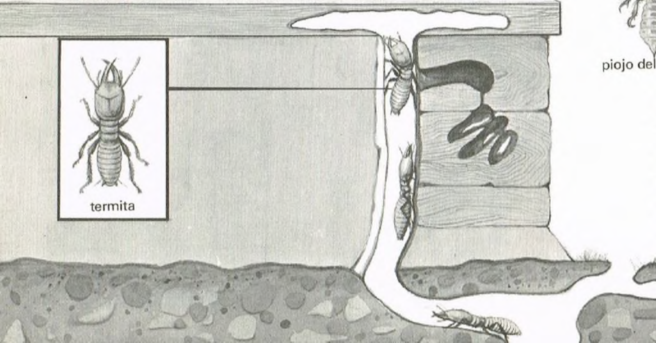
En la casa

Arriba se muestran algunos insectos domésticos destructores de alimentos (el escarabajo de la harina), de trajes y pieles (larvas del escarabajo del cuero) y de madera (carcomas, anóbidos y termitas).



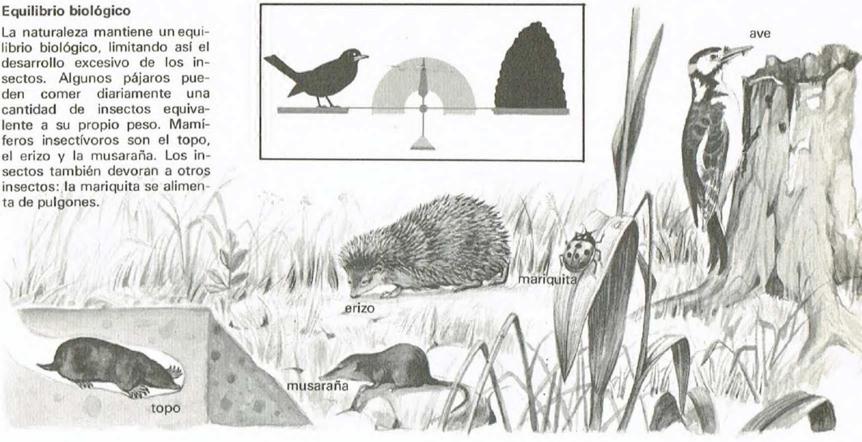
En el hombre

Algunos insectos, como los que chupan la sangre, dañan directamente al hombre. Otros, como los piojos de los vestidos, viven parasitariamente en el hombre. Finalmente otros, como el mosquito de la malaria, transmiten al hombre enfermedades, a veces muy graves.



Equilibrio biológico

La naturaleza mantiene un equilibrio biológico, limitando así el desarrollo excesivo de los insectos. Algunos pájaros pueden comer diariamente una cantidad de insectos equivalente a su propio peso. Mamíferos insectívoros son el topo, el erizo y la musaraña. Los insectos también devoran a otros insectos: la mariquita se alimenta de pulgones.



hacer a las plantas inmunes a los virus transmitidos por ellos.

Entre los insectos que poseen boca masticadora también hay algunos nocivos. Cuando estos insectos proliferan pueden originar en los cultivos grandes estragos, debido a que devoran tanto las hojas como las raíces, atacando incluso las viviendas construidas con madera. Entre estos últimos insectos cabe citar a los escarabajos de la patata, a las carcomas y termitas —que atacan la madera— y a las langostas, que devoran toda planta que encuentran a su paso.

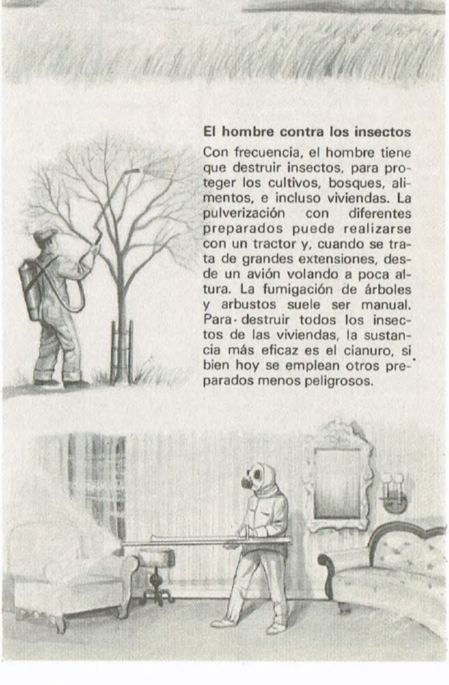
Ya desde la antigüedad, el hombre empezó a destruir los insectos dañinos, con sustancias químicas: azufre, arsénico, nicotina, etc. Un insecticida más moderno es el DDT, de acción instantánea. Sin embargo, muchos insectos son resistentes a este producto, por lo que no se emplea universalmente. Por tanto, siguen fabricándose constantemente nuevas sustancias más activas, realizando previamente muchas pruebas, para evitar la muerte de insectos beneficiosos o de otros animales.

No obstante, en la naturaleza no domina de modo absoluto ninguna especie, sino que se mantiene el llamado equilibrio biológico. Los investigadores, pensando en ello, han ensayado diversos *métodos biológicos* para combatir a los insectos. Con el fin de aniquilar a ciertos insectos perjudiciales, se han implantado diferentes himenópteros y coleópteros insectívoros, habiéndose intentado incluso la inoculación de ciertas enfermedades víricas entre las especies perjudiciales. Sin embargo, no hay ningún método completamente eficaz: la lucha contra los insectos dañinos no ha llegado a su fin.



El hombre contra los insectos

Con frecuencia, el hombre tiene que destruir insectos, para proteger los cultivos, bosques, alimentos, e incluso viviendas. La pulverización con diferentes preparados puede realizarse con un tractor y, cuando se trata de grandes extensiones, desde un avión volando a poca altura. La fumigación de árboles y arbustos suele ser manual. Para destruir todos los insectos de las viviendas, la sustancia más eficaz es el cianuro, si bien hoy se emplean otros preparados menos peligrosos.



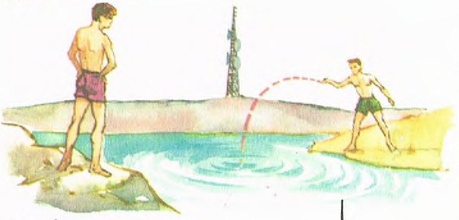
LUZ

¿Qué es luz?

La idea primitiva sobre la visión se basaba en la teoría de que el ojo proyectaba una corriente de partículas que hacía visibles los objetos. Más tarde se propagó la teoría de que los objetos mismos emitían partículas y que éstas penetraban en el ojo. Se creía que la corriente de partículas se movía en línea recta, ya que era imposible ver detrás de las esquinas. Pero hubo que desechar ambas teorías. Cuando una onda de agua atraviesa una abertura estrecha, al otro lado de ésta se generan nuevas ondas. Las ondas de luz se comportan del mismo modo, siempre que la abertura sea lo suficientemente estrecha. Por tanto, la luz *puede* desviarse en las esquinas. En el año 1801, el inglés Thomas Young demostró con un experimento genial que, dadas las características de la luz, ésta debía ser descrita como una *onda transversal*. Pero el origen de las ondas seguía siendo un misterio que no se aclaró hasta que el alemán Heinrich Hertz consiguió producir las primeras ondas de radio. El inglés J. C. Maxwell había previsto la existencia de tales ondas y calculado su velocidad. Ya se sabía que la velocidad de la luz era igual que la de las ondas de radio (300 000 km/seg). Evidentemente, las ondas de luz y las de radio poseían el mismo tipo de movimiento ondulatorio, constituido por *campos eléctricos y magnéticos*. La magnitud y la dirección del campo eran variables. Al igual que sucede con las ondas producidas en el agua, que pueden presentar variaciones de longitud de onda – distancia entre las crestas de dos ondas consecutivas –, también puede variar la longitud de onda de las radiaciones electromagnéticas. La luz tiene longitudes de onda de 4 a 7 diezmilésimas de mm. Si la longitud de onda es mayor, la radiación electromagnética se manifiesta, p. ej., en forma de ondas caloríficas o de radio. Si es menor, se produce la radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

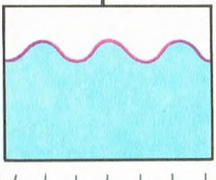
La luz puede verse influida por la materia. El campo eléctrico de las radiaciones varía continuamente a causa de los electrones existentes en los átomos de la materia.

La *dispersión*, la *refracción* y la *reflexión* son procesos que pueden originar cambios en la dirección y el carácter de las ondas de luz. Esta transformación de la luz contribuye a darnos detalladas impresiones visuales del mundo que nos rodea. Por el contrario, en el vacío del espacio la luz se desplaza sin cambio alguno. La luz de las estrellas, que contempla un viajero espacial, es invariable.



Ondas de agua

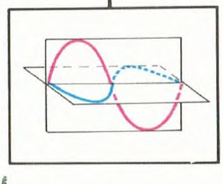
Cuando se arroja al agua una piedra se forman ondas que se dispersan alrededor del punto de caída. La energía de movimiento de la piedra es recogida por el agua. Parte de la energía se traslada desde el punto de caída, por medio de las ondas de agua. Estas constituyen un ejemplo de movimiento de vibración mecánico.

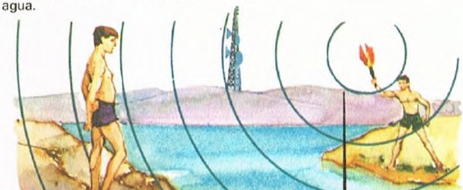




Ondas de radio

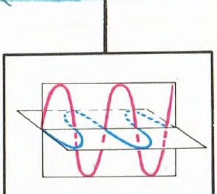
La antena de radio transmite energía en forma de ondas eléctricas y magnéticas perpendiculares entre sí. El movimiento ondulatorio electromagnético se transmite también en el vacío. En la figura, las ondas eléctricas (rojo) y magnéticas (azul) corresponden a las crestas y valles de las ondas de agua.

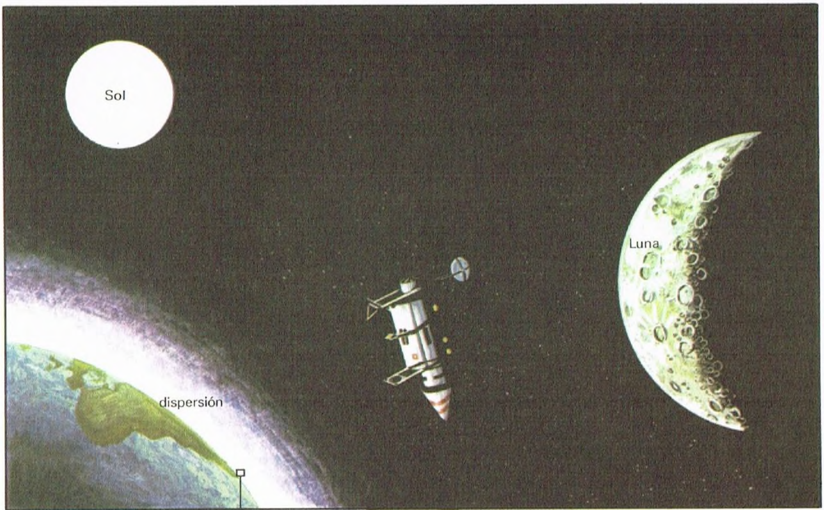




Ondas de luz

En una antorcha ardiente, las moléculas actúan como antenas; transmiten energía en forma de ondas del mismo tipo que las transmitidas por la antena de radio, pero de una longitud de onda mucho más corta. El receptor de radio capta una cierta longitud de onda. Del mismo modo, el ojo es sensible a un pequeño campo de longitudes de onda, el espectro visible.





Dispersión

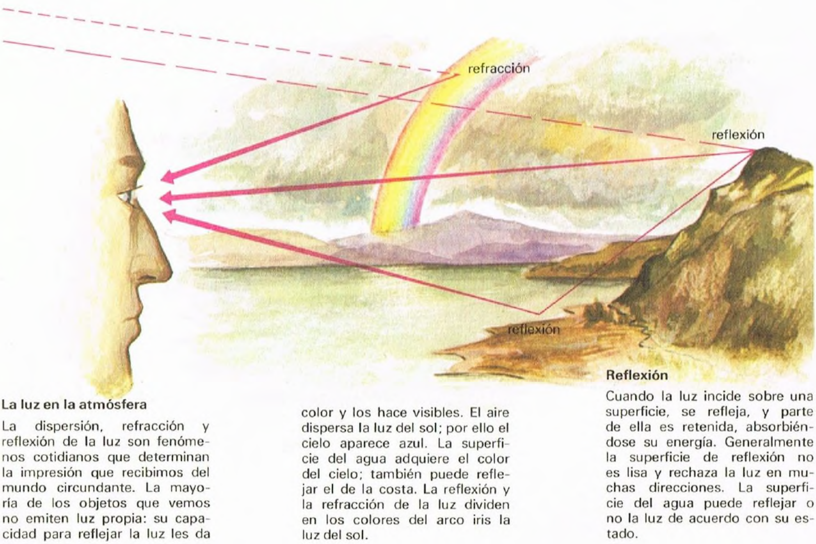
Debido a moléculas, polvo o irregularidades en las capas de aire, parte de la luz atmosférica se dispersa, en particular la luz azul. Debido a este fenómeno, de día el cielo es de color azul; durante la puesta del sol el cielo adquiere un color rojo, debido a la luz directa de aquél.

La luz en el vacío

En el vacío la luz se transmite sin obstáculo alguno. Ni se dispersa, ni se refracta, ni se refleja. Por ello el paisaje lunar aparece, con nitidez, a los ojos del viajero espacial. Por el contrario, la Tierra, al estar rodeada de aire, se vislumbra bajo un velo azul.

Refracción

Cuando la luz pasa del aire a una materia más densa, p. ej. el agua, cambia de dirección, se refracta.
La refracción de la luz no es la misma para todas las longitudes de onda (colores). Por ello, las gotas de agua pueden dividir en distintos colores la luz del sol, formando el arco iris.

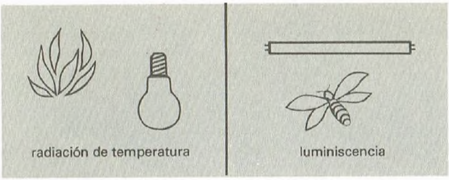


La luz en la atmósfera

La dispersión, refracción y reflexión de la luz son fenómenos cotidianos que determinan la impresión que recibimos del mundo circundante. La mayoría de los objetos que vemos no emiten luz propia: su capacidad para reflejar la luz les da color y los hace visibles. El aire dispersa la luz del sol; por ello el cielo aparece azul. La superficie del agua adquiere el color del cielo; también puede reflejar el de la costa. La reflexión y la refracción de la luz dividen en los colores del arco iris la luz del sol.

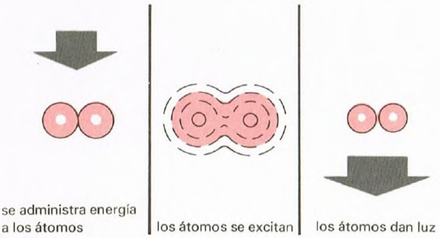
Reflexión

Cuando la luz incide sobre una superficie, se refleja, y parte de ella es retenida, absorbiéndose su energía. Generalmente la superficie de reflexión no es lisa y rechaza la luz en muchas direcciones. La superficie del agua puede reflejar o no la luz de acuerdo con su estado.



Fuentes de luz

Todos los objetos emiten continuamente radiaciones electromagnéticas. A partir de unos 600° C, parte de la radiación adquiere una frecuencia tan elevada que puede ser observada en forma de luz por el ojo. Como el carácter de las radiaciones depende de la temperatura, se las denomina radiaciones de temperatura. Todas las demás formas de luz se deben a luminiscencia. En el tubo fluorescente, la energía cinética de un rayo de electrones se transforma en luz. En la luciérnaga, la luz se produce a consecuencia de un proceso químico.

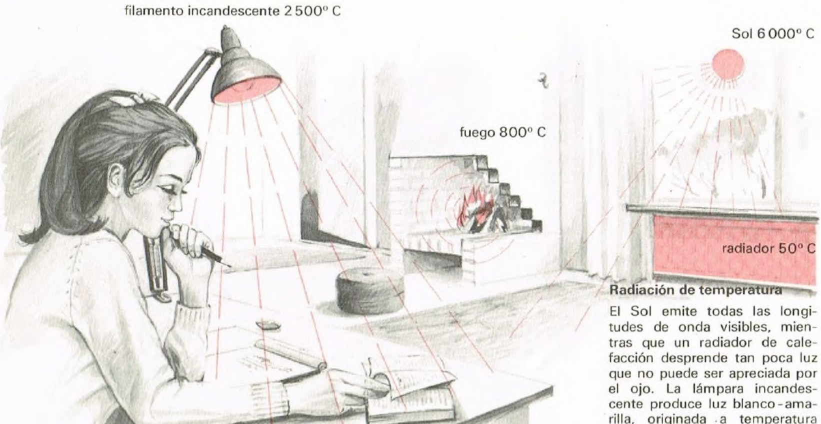


Cómo se produce luz

Los átomos y las moléculas pueden recoger energía calorífica y almacenarla por breve tiempo.
Se dice entonces que están excitados. En el átomo excitado la energía excedente se emite en forma de radiación electromagnética, cuya intensidad y longitud de onda dependen de la cantidad de energía disponible. En un objeto incandescente, numerosos átomos emiten radiaciones cuya longitud de onda está situada entre los límites del espectro visible.

Productores de luz

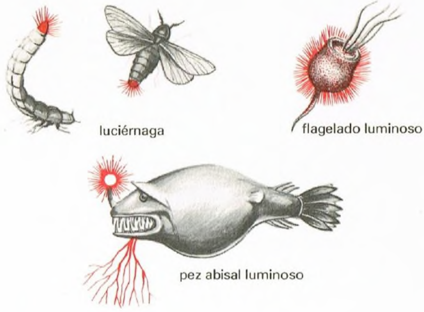
El Sol y el fuego dan a un tiempo luz y calor, circunstancia que el hombre ha sabido aprovechar desde que aprendió a utilizar el fuego. Los átomos de un elemento se mueven con mayor rapidez a medida que aumenta la temperatura. Cuando entran en colisión pueden recoger energía cinética y almacenarla, con lo que quedan excitados. Su estructura interior cambia al producirse tal *excitación*, y no vuelven a estabilizarse hasta que se desprenden de la energía extra recibida. Parte de esta energía se libera en forma de radiación electromagnética. Si la energía almacenada ha sido poca, se producen *radiaciones infrarrojas* o *radiaciones caloríficas*, cuya longitud de onda es larga. Si ha sido mucha, aparecen *radiaciones ultravioletas* de onda corta. En una pequeña zona de energía entre ambas, la radiación adquiere justamente las longitudes de onda o frecuencias que el ojo registra e interpreta como luz.
En una sustancia caliente las colisiones entre los átomos no pueden controlarse de modo alguno. Un átomo recoge a veces excesiva energía y otras demasiado poca para producir luz. A unos 1 000° C – p. ej., en las ascuas cubiertas de ceniza –, las colisiones más fuertes provocan la emisión de un fulgor rojo; las débiles producen sólo radiaciones caloríficas. En cambio, a 6 000° C, – temperatura de la superficie solar – todas las colisiones son fuertes, y provocan intensas emisiones de luz en cada longitud de onda. Con la expresión *luminiscencia* designamos la luz no obtenida por calentamiento. Se puede producir luz con las mismas caracterís-



Radiación de temperatura

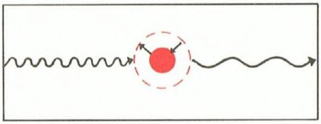
El Sol emite todas las longitudes de onda visibles, mientras que un radiador de calefacción desprende tan poca luz que no puede ser apreciada por el ojo. La lámpara incandescente produce luz blanco-amarilla, originada a temperatura más alta que la del fuego de la chimenea.

ticas que la del Sol y luz con un solo color.
Un método efectivo para excitar los átomos es bombardearlos con electrones. En el tubo fluorescente fluye una corriente de electrones, a través de un gas enrarecido. Las características de la capa o del gas deciden la longitud de onda que tendrá la radiación emitida. La luz que emiten en las calles los anuncios publicitarios de neón se produce directamente en el gas contenido. Para la iluminación se prefiere luz blanca. Un método utilizado normalmente es elegir un gas que produzca radiaciones ultravioletas. En el interior del tubo una capa fluorescente transforma la radiación invisible en una radiación luminosa, cuyas longitudes de onda están distribuidas uniformemente por el campo visible.
Los procesos químicos pueden producir átomos excitados cuyo exceso de energía se desprende en forma de luz. Las luciérnagas poseen órganos en los que la energía, por medio de un proceso químico, se transforma en radiación.



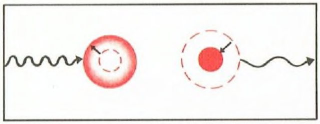
Bioluminiscencia

Muchos animales tienen luz propia. Los procesos químicos que tienen lugar en sus órganos luminosos producen átomos excitados cuya energía basta para emitir luz. Esta luminiscencia química produce a menudo un fulgor azulado que, con toda razón, puede llamarse frío. La energía química se ha transformado en luz, sin colisiones atómicas, y, por tanto, sin producción de calor.



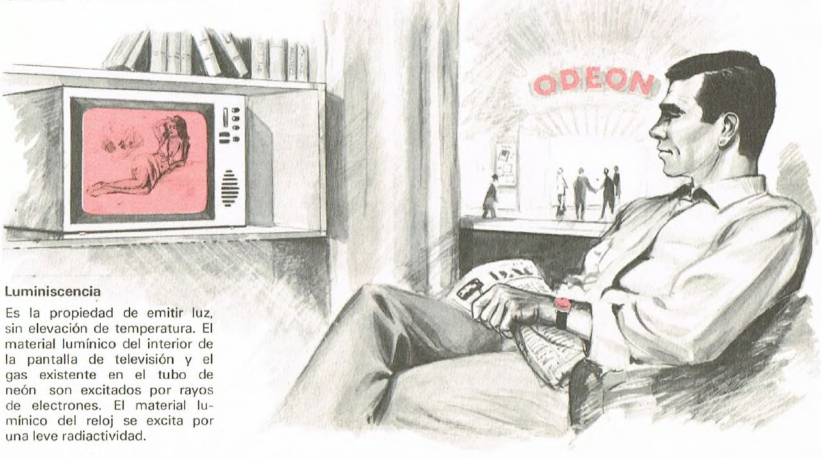
Fluorescencia

Un átomo puede recoger energía de una radiación de corta longitud de onda y transmitir energía en forma de radiación de longitud de onda larga. De este modo la radiación ultravioleta invisible, de onda corta puede transformarse en luz de longitud de onda larga. Este fenómeno es la fluorescencia.



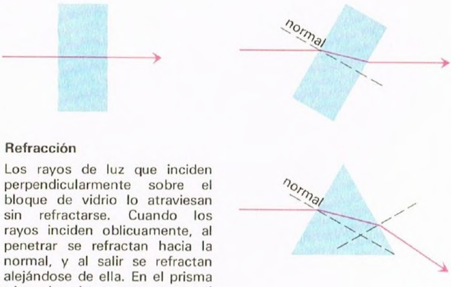
Fosforescencia

La fosforescencia se debe a las mismas causas que la fluorescencia. La luz emitida tiene siempre mayor longitud de onda que la absorbida. Sin embargo, el material fosforescente, a diferencia del fluorescente, puede emitir un leve resplandor, incluso muchas horas después de haber sido excitado.



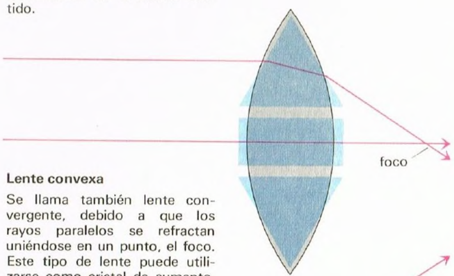
Luminiscencia

Es la propiedad de emitir luz, sin elevación de temperatura. El material lumínico del interior de la pantalla de televisión y el gas existente en el tubo de neón son excitados por rayos de electrones. El material lumínico del reloj se excita por una leve radiactividad.



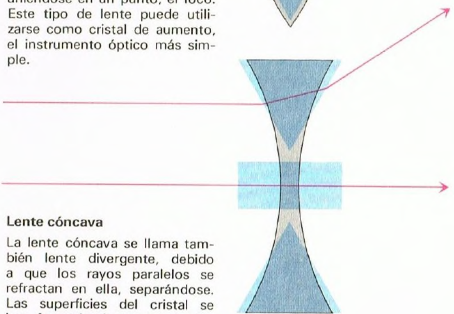
Refracción

Los rayos de luz que inciden perpendicularmente sobre el bloque de vidrio lo atraviesan sin refractarse. Cuando los rayos inciden oblicuamente, al penetrar se refractan hacia la normal, y al salir se refractan alejándose de ella. En el prisma triangular, los rayos, tanto al entrar como al salir del cristal, se refractan en el mismo sentido.



Lente convexa

Se llama también lente convergente, debido a que los rayos paralelos se refractan uniéndose en un punto, el foco. Este tipo de lente puede utilizarse como cristal de aumento, el instrumento óptico más simple.



Lente cóncava

La lente cóncava se llama también lente divergente, debido a que los rayos paralelos se refractan en ella, separándose. Las superficies del cristal se han formado de modo que los rayos parezcan venir del mismo punto.

Refracción y difracción

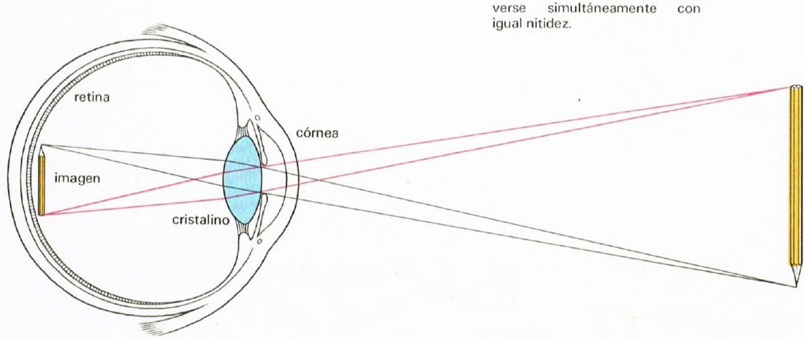
La luz cambia de dirección cuando pasa por la superficie que limita dos sustancias transparentes. Cuanto mayor sea la inclinación con que incida contra la superficie, mayor será el cambio de dirección, o sea, la *refracción*. Este fenómeno encuentra aplicación en las lentes ópticas. La *lente convexa,* lente convergente —que es más gruesa en el centro—, hace converger la luz en un foco. La *lente cóncava,* lente divergente —que es más delgada en el centro—, dispersa la luz.

El camino recorrido por la luz se suele representar por líneas rectas, los rayos de luz. La naturaleza ondulatoria de la luz hace que tal representación no esté totalmente de acuerdo con la realidad. Si lo estuviera, los rayos de luz que pasan a través de una abertura pequeña continuarían en línea recta. La figura de la parte inferior derecha muestra cómo los rayos sufren una dispersión y difracción hacia los lados. Estos *fenómenos de difracción* limitan la nitidez con que el ojo puede percibir una imagen. Puede comprobarse fácilmente que el ojo no es capaz de distinguir objetos cuya proximidad sea de aproximadamente una décima de mm. Esto se debe a la difracción de la luz que, al entrar en el ojo, a través de la pequeña pupila, se dispersa y limita la agudeza de éste.

Las ondas electromagnéticas que llamamos luz tienen frecuencias desde unas 5×10^{16} (el número 5 seguido de 16 ceros) hasta $7{,}5 \times 10^{16}$ períodos por segundo. El ojo aprecia como luz roja las frecuencias menores, y como luz azul las

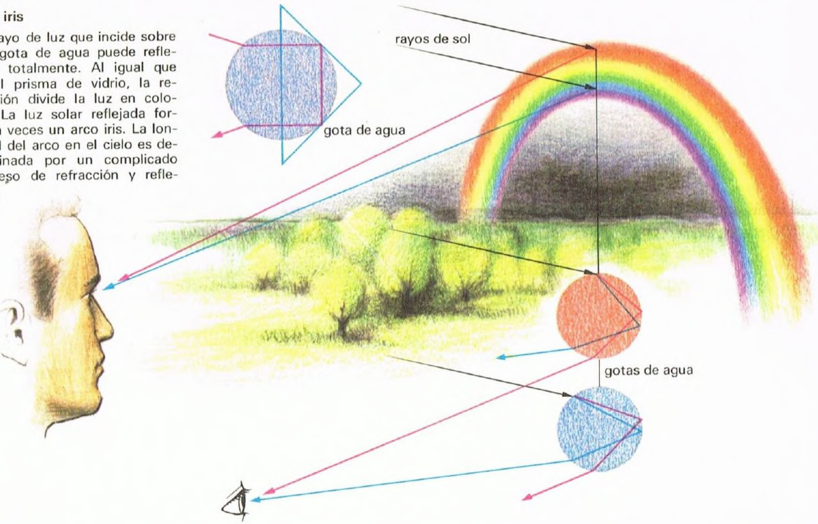
La lente del ojo

El ojo tiene una lente convexa (cristalino) que refracta la luz y forma imágenes en la retina. Si el objeto observado está cerca del ojo el cristalino se curva en mayor grado que si se halla lejos. Dos objetos situados a diferentes distancias no pueden verse simultáneamente con igual nitidez.



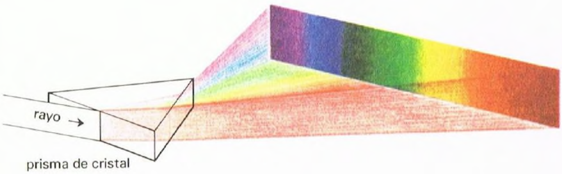
Arco iris

Un rayo de luz que incide sobre una gota de agua puede reflejarse totalmente. Al igual que en el prisma de vidrio, la refracción divide la luz en colores. La luz solar reflejada forma a veces un arco iris. La longitud del arco en el cielo es determinada por un complicado proceso de refracción y reflexión.



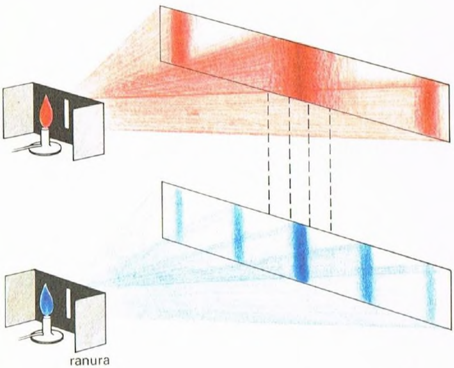
Colores espectrales

El prisma de vidrio dispersa la luz solar dando un espectro cuyos colores principales son: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta. El cristal refracta de modo distinto los rayos de luz de diferentes longitudes de onda. El azul más que el rojo; y las longitudes de onda corta más que las largas.



mayores. Esta última se refracta en todos los materiales, mucho más que la luz roja. Un prisma de vidrio divide la luz incolora del sol – que contiene todas las frecuencias de la luz – en un *espectro* de colores. En las lentes de vidrio la luz se dispersa también en colores. La dispersión de colores puede hacerse desaparecer en los sistemas *acromáticos* de lentes compuestas, que constan de lentes cóncavas y convexas – de distintos tipos de vidrio – colocadas alternativamente.

En las gotas de lluvia se refracta y se refleja totalmente la luz del sol, de modo que los colores se dispersan. Por ello es posible la formación del arco iris. El ojo normal registra siempre como un color fijo una frecuencia determinada. Pero es imposible precisar la frecuencia que corresponde a cada color percibido. Para poder determinarla, se emplean prismas de cristal. Una abertura pequeña, o una ranura, también produce difracción y permite diferenciar las distintas frecuencias. El prisma dispersa al máximo la luz azul; la ranura, la luz roja.



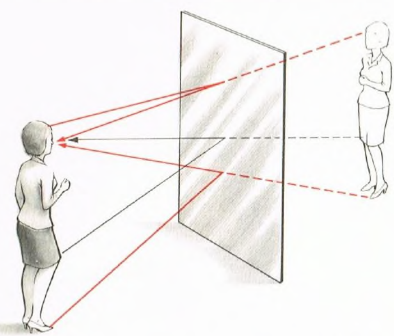
Difracción

Cuando los rayos de luz paralelos atraviesan una abertura estrecha, parte de ellos cambia de dirección y se difracta hacia los lados, produciendo una imagen difractada. En el prisma de cristal la luz azul es la que más se refracta, y en la abertura es la roja la que más se difracta. Solamente si la ranura es más estrecha de 0,01 mm se consiguen imágenes tan claras como las de la figura.



¿Transparente u opaco?

Los objetos transmiten (dejan pasar), reflejan o absorben la luz, a veces todo al mismo tiempo. El cristal casi no absorbe luz, pero refleja un 5% de ella. Si hay claridad en el exterior, desde fuera se advierten reflejos en el cristal de la ventana. Un cuerpo opaco absorbe y refleja toda la luz. Su color depende de las longitudes de onda que refleje de manera predominante. Los objetos que solamente absorben luz no pueden verse sino sobre un fondo iluminado.



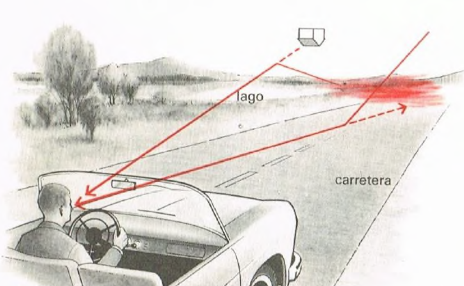
Reflejo

Los rayos de luz procedentes de la mujer se reflejan en el espejo de modo que parecen proceder de una persona situada detrás de éste y a la misma distancia que la causante del reflejo. Basta con que el espejo tenga la mitad de la altura de la mujer, para que ésta pueda verse totalmente. Un espejo normal debe ser completamente plano; las superficies curvadas producen imágenes deformadas, y, a menudo, muy divertidas.

Reflexión y absorción

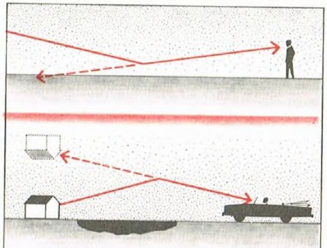
Un espejo tiene una capa reflectante mediante la cual rechaza toda clase de luz, independientemente de su longitud de onda. La imagen reproduce tanto la forma como el color. Cuando la luz se refleja, el rayo incidente forma con la superficie del espejo un ángulo de igual valor al que forma la luz reflejada. Por ello, si uno permanece quieto y va girando un espejo, ve las distintas partes de una habitación. Una superficie no uniforme y rugosa puede asemejarse a miles de pequeños espejos que se han unido de modo que las superficies están dirigidas hacia lados distintos. Miles de imágenes reflejadas de distintos objetos no dan una imagen reconocible. El ojo registra únicamente que hay una superficie que refleja luz *(reflexión difusa)*. Esta capacidad para reflejar luz, que poseen los objetos, independientemente de la apariencia de su superficie, hace que podamos verlos.

Pero hay pocos objetos que reflejen *toda* la luz. Parte de ésta es *absorbida* y se convierte en calor. A menudo las diferentes longitudes de onda son absorbidas en forma distinta. Por este motivo la luz reflejada tiene otra composición que la incidente sobre el objeto. Para el ojo estas diferencias se traducen en distintos colores. Naturalmente al ojo sólo llegan las longitudes de onda que existen en la luz original. Por esta causa, los colores, con luz natural y al aire libre, son completamente distintos que con luz artificial y en un local interior.



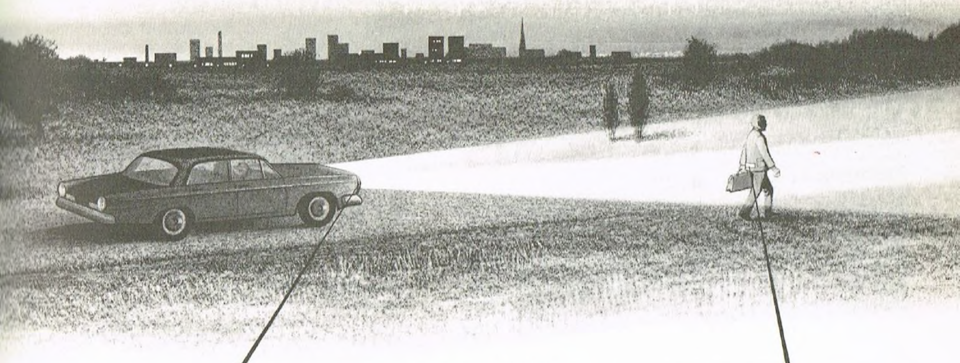
Espejismos en la tierra y en el mar

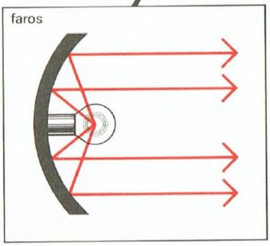
Al calentarse, el aire se hace más ligero. En un día caluroso, el aire es menos denso cuanto más cerca está del suelo; el cielo azul puede entonces reflejarse en las capas inferiores del aire, y en el camino parece verse una superficie líquida. El agua fría hace que el aire sea más denso cerca de su superficie, pudiendo entonces verse objetos bajos, situados sobre la tierra, como invertidos en el aire.



Densidad del aire en la tierra y en el mar

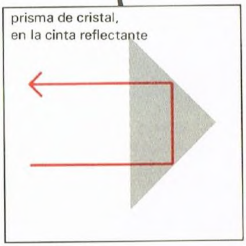
Los puntos muestran la densidad del aire. Si, al pasar de un medio más denso a otro más ligero, el ángulo de incidencia de la luz es demasiado grande, ésta se refleja totalmente.



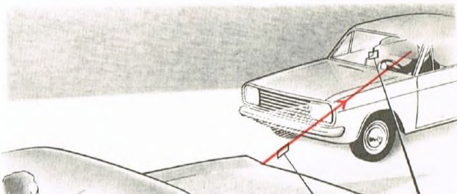


Conducción de noche

La parábola y el cristal de los faros de un automóvil están formados de modo que los rayos de luz iluminen varios cientos de metros. No obstante, el conductor únicamente ve los objetos que reflejan la luz. Las superficies absorbentes se confunden con la oscuridad del fondo. Los miles de pequeños prismas, en forma de perlas de cristal, existentes en la cinta reflectante del peatón, hacen que pueda distinguírsele a gran distancia.

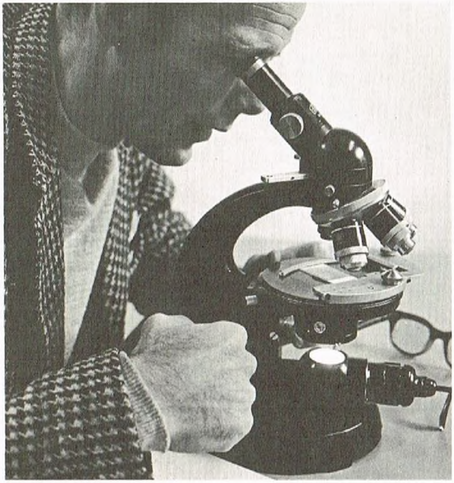


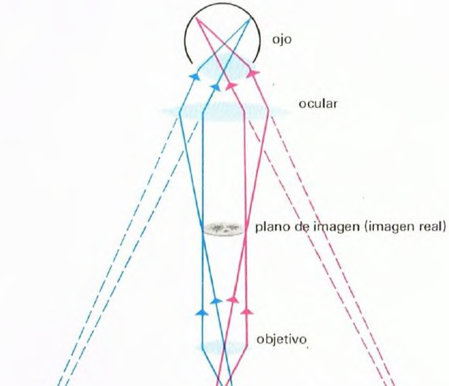
Los materiales transparentes no absorben apenas luz, pero a menudo la reflejan en cierta proporción. Existen, sin embargo, espejos perfectos, sin absorción alguna. La luz que pasa de un medio más denso a un medio más ligero se desvía de la normal hacia la superficie límite. Si el ángulo de incidencia es demasiado grande, la luz no puede penetrar en el medio más ligero, sino que se *refleja totalmente*. También las capas de aire de distinta densidad pueden refractar y reflejar totalmente los rayos de luz. De este modo se forman los *espejismos*.
La *cinta reflectante,* al reflejar totalmente la luz de los focos del automóvil, permite ver a un peatón que se halle a gran distancia. Las ropas, por el contrario, sólo reflejan difusamente la pequeña cantidad de luz que no absorben. La luz reflejada por una superficie de agua o por una extensión nevada está en parte *polarizada,* o sea, las oscilaciones de las ondas se efectúan principalmente en un plano. El ojo no distingue entre luz polarizada y sin polarizar; las gafas polaroid polarizan la luz que llega a ellas, eliminando, p. ej., los reflejos y el deslumbramiento.



Luz polarizada

En el grabado de la parte superior el primer filtro deja pasar únicamente las ondas cuyas oscilaciones son paralelas a las placas. El segundo filtro detiene justamente estas ondas. Del mismo modo actúan el cristal polarizador de los focos y el de los parabrisas. Si el parabrisas polarizase la luz en un plano perpendicular al de polarización de los focos, los coches podrían circular con luces de largo alcance, sin deslumbramientos.





Microscopio

El ojo no puede distinguir los objetos separados tan sólo unas centésimas de mm. Sin embargo, con el microscopio pueden verse detalles menores de una diezmilésima de milímetro. Por ello el objeto a observar debe ser muy delgado, ya que la profundidad de campo del microscopio es pequeña. El objeto debe iluminarse intensamente, para que la pequeña superficie refleje luz suficiente. La lente del objetivo da una imagen ampliada y real que vuelve a ampliarse al pasar por el ocular.

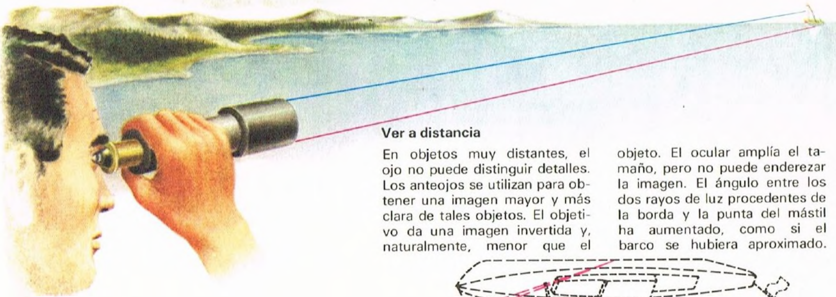
Microscopio y telescopio

Cuando se desea ver con claridad algún pequeño detalle, se acerca el ojo a él. Entonces en la retina la imagen se hace mayor. Si el objeto se coloca a menos de un decímetro de distancia del ojo, el cristalino es incapaz de refractar la luz, de modo que forme en la retina una imagen nítida. La visión puede reforzarse con ayuda de un instrumento óptico auxiliar. El sistema más sencillo es utilizar una lente biconvexa normal *(lupa)* y acercarla al objeto que se desea investigar. Entonces parece como si el objeto se encontrara mucho más cerca del ojo que antes.

Además, la luz que entra en el ojo cambia de dirección, por sufrir una difracción al atravesar la pupila. Por tal motivo una imagen pequeña puede presentarse tan borrosa que el centro visual del cerebro no sea capaz de interpretarla.

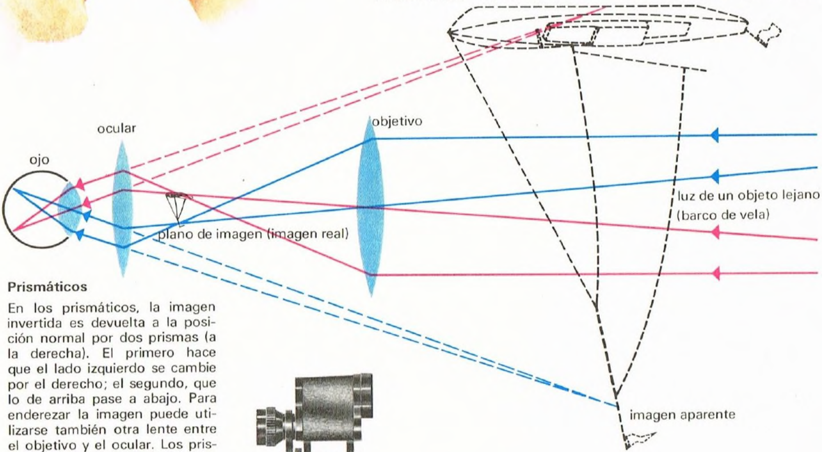
La potente *lente del objetivo del microscopio* puede aproximarse hasta muy cerca del objeto que se intenta estudiar. La abertura del objetivo es mucho más amplia que la pupila del ojo. La difracción es insignificante cuando la luz pasa por una abertura tan grande. Por ello, la lente del objetivo da una imagen ampliada y rica en detalles, que se puede observar a través de un cristal de aumento, el *ocular*. De este modo se aumenta aún más la ampliación y se evita fatigar el ojo. Utilizando muchas lentes puede conseguirse un grado considerable de ampliación. La insignificante pero inevitable difracción de la luz, al pasar a través del objetivo, fija el límite de ampliación utilizable que puede obtenerse. Con un sistema de lentes ópticas no es posible apreciar con claridad los detalles menores de una longitud de onda de luz (unas diezmilésimas de milímetro). En caso de tratarse de objetos menores, debe recurrirse a las lentes magnéticas del microscopio electrónico y a los rayos catódicos.

Los *anteojos* se utilizan para ver objetos muy lejanos. Aunque el ángulo entre los rayos exteriores que parten del objeto observado es aproximadamente el mismo para el ojo y para el objetivo de los anteojos, estos últimos dan una imagen más rica, en detalles, que el ojo. En relación con la pupila, el objetivo de los anteojos disminuye la falta de nitidez causada por la difracción de la luz. Al igual que en el microscopio, la imagen que da el objetivo se observa a través de un ocular. Los anteojos de los astrónomos perciben radiaciones muy débiles procedentes de las estrellas. Tanto para recoger la luz como para diferenciar las estrellas entre sí, se precisan grandes objetivos. El *telescopio* consta a veces de espejos parabólicos que reflejan la luz incidente sobre un foco.



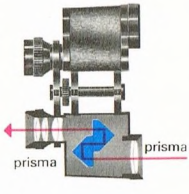
Ver a distancia

En objetos muy distantes, el ojo no puede distinguir detalles. Los anteojos se utilizan para obtener una imagen mayor y más clara de tales objetos. El objetivo da una imagen invertida y, naturalmente, menor que el objeto. El ocular amplía el tamaño, pero no puede enderezar la imagen. El ángulo entre los dos rayos de luz procedentes de la borda y la punta del mástil ha aumentado, como si el barco se hubiera aproximado.



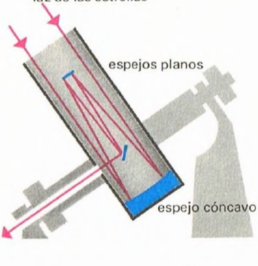
Prismáticos

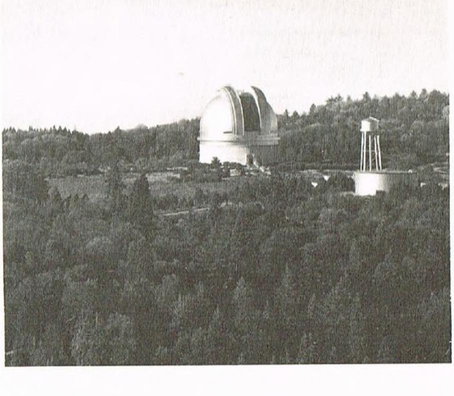
En los prismáticos, la imagen invertida es devuelta a la posición normal por dos prismas (a la derecha). El primero hace que el lado izquierdo se cambie por el derecho; el segundo, que lo de arriba pase a abajo. Para enderezar la imagen puede utilizarse también otra lente entre el objetivo y el ocular. Los prismáticos amplían la imagen, y aumentan su luminosidad.

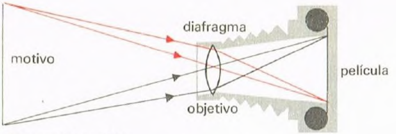


Telescopio

Un telescopio reflector está formado por un gran espejo parabólico, en el foco del cual se forman las imágenes de las estrellas observadas. Un sistema de espejos y lentes produce ampliaciones detalladas de la imagen. El observatorio del monte Palomar, a la derecha, tiene un telescopio reflector, con un espejo de unos 5 m de diámetro.

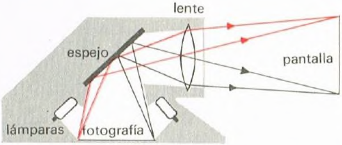






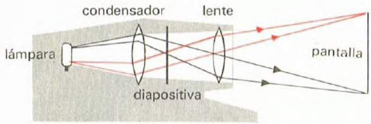
Cámara fotográfica

En una película no se pueden recoger simultánea y nítidamente las imágenes de dos objetos situados a diferente distancia del objetivo. Al enfocar movemos hacia adelante o hacia atrás el objetivo de la cámara fotográfica. El flujo de luz a la cámara se regula abriendo el diafragma. Para obtener de la lente buenas imágenes, ha de ser pequeña la abertura del diafragma, en cuyo caso, como entra menos luz, se requiere más tiempo de exposición.



Episcopio

Sobre la superficie plana inferior se coloca una fotografía o un libro abierto. El espejo oblicuo refleja la luz hacia una lente convergente. Esta puede moverse de modo que se obtenga sobre la pantalla una imagen clara. El recorrido de los rayos es el mismo que en la cámara fotográfica. El objeto es aquí la imagen reflejada de la foto, y la película se ha reemplazado por la pantalla.



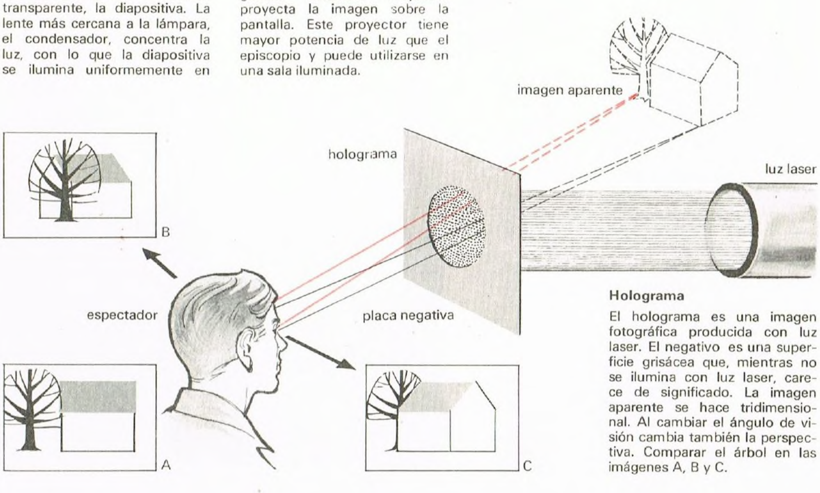
Diascopio

En el proyector por transparencia se utiliza una ilustración transparente, la diapositiva. La lente más cercana a la lámpara, el condensador, concentra la luz, con lo que la diapositiva se ilumina uniformemente en toda su superficie. La lente regulable delantera (objetivo) proyecta la imagen sobre la pantalla. Este proyector tiene mayor potencia de luz que el episcopio y puede utilizarse en una sala iluminada.

Medios visuales auxiliares

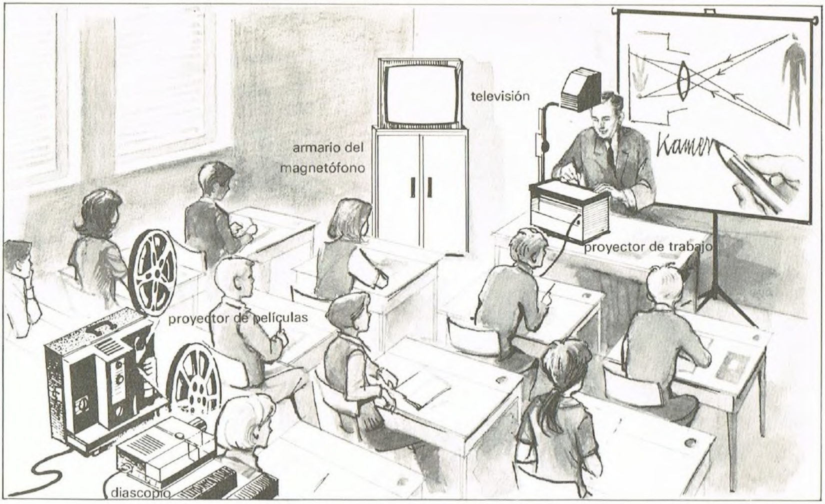
Se dice que "una imagen expresa más que mil palabras", frase que está justificada por la posición que la imagen ha conseguido como medio auxiliar en la enseñanza, como entretenimiento y como fuente de información.

Haciendo que la luz del sol pase a través de una lente convexa, puede ser recogida, en forma de un punto pequeño, sobre un papel situado detrás de la lente. En realidad este punto es una imagen del sol. El mismo principio se utiliza en numerosos instrumentos ópticos. El *proyector por transparencia*, el proyector normal de diapositivas, constituye una simple modalidad de cámara fotográfica. Una fotografía transparente, la *diapositiva*, representa el objeto que, con ayuda de la lente u objetivo, aparece sobre la pantalla. El proyector cinematográfico está construido de forma similar. El proyector de diapositivas y el proyector cinematográfico pueden dar imágenes de fuerte luminosidad, ya que las imágenes transparentes son iluminadas por detrás, a través de un sistema condensador que concentra la luz sobre la película. En el *episcopio*, la imagen se ilumina de otro modo. El original, consistente en una imagen opaca (p. ej., la página de un libro), se coloca horizontalmente y es iluminado desde arriba con potentes lámparas. La luz que se refleja contra la imagen de papel produce una imagen relativamente débil. Debe procurarse que la sala en que se efectúe la proyección se halle en la más completa oscuridad.



Holograma

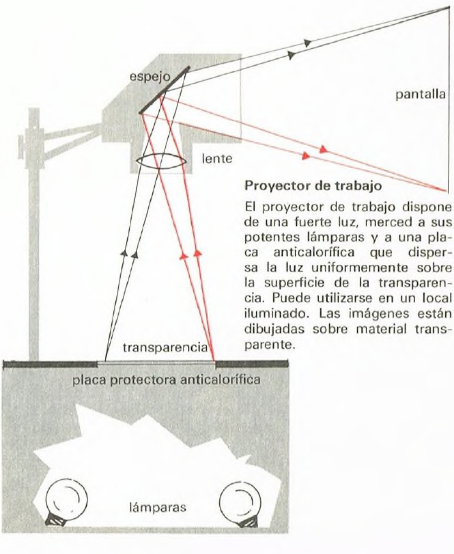
El holograma es una imagen fotográfica producida con luz laser. El negativo es una superficie grisácea que, mientras no se ilumina con luz laser, carece de significado. La imagen aparente se hace tridimensional. Al cambiar el ángulo de visión cambia también la perspectiva. Comparar el árbol en las imágenes A, B y C.



La nueva aula

Hoy en día las escuelas utilizan, cada vez más, los modernos medios de enseñanza visual. A veces el proyector de trabajo sustituye a la pizarra. El variado material fotográfico del proyector por transparencia ha desplazado a las placas del episcopio. Las películas de enseñanza incrementan la importancia del proyector de películas. La televisión transmite casi a diario programas destinados a completar el programa del profesor. El grabador de programas de televisión permite usar y conservar estos programas en los propios archivos de las escuelas.

El *proyector de trabajo* es una versión moderna del episcopio. También en este caso el original se coloca horizontalmente. Pero aquí se utilizan originales transparentes, las llamadas *transparencias,* cuyo formato aproximado es de 25 × 25 cm. Además de iluminarse las transparencias desde abajo, con lámparas de gran potencia, el proyector de trabajo se coloca cerca de la pantalla de proyección, con lo que la iluminación posee una calidad que hace innecesario dejar en la oscuridad la sala de proyección. Durante la conferencia, los espectadores pueden tomar apuntes. Al conferenciante le es posible hacer anotaciones directamente sobre la transparencia, o colocar varias superpuestas con nuevas figuras y, de este modo, componer paso a paso la imagen.
En el *aparato de televisión* la imagen se produce electrónicamente. Pero no precisa "almacenarse" en forma de fotografía o película. Puede ir directamente de la cámara de televisión a la pantalla del receptor, sin que se materialice entre ambos, y, por ello, ser simultánea a la realidad.
La técnica ha conseguido reproducir en la imagen la profundidad de un objeto. Especialmente es de gran interés el desarrollo de la *holografía,* técnica mediante la cual se produce, con ayuda de un rayo laser, una imagen tridimensional. El holograma da una ilusión perfecta del espacio tridimensional. Para ver desde otro ángulo un objeto, sólo es preciso cambiarse de lugar. En el futuro, la TV tridimensional puede ser el medio visual de mayor impacto.



Proyector de trabajo

El proyector de trabajo dispone de una fuerte luz, merced a sus potentes lámparas y a una placa anticalorífica que dispersa la luz uniformemente sobre la superficie de la transparencia. Puede utilizarse en un local iluminado. Las imágenes están dibujadas sobre material transparente.

MAGNETISMO

Imanes permanentes

Hace miles de años, en un lugar de Asia Menor se encontraron algunas piedras que tenían la rara propiedad de atraer a otras. Se trataba de pequeños trozos de mineral de hierro, que se denominaron "magnetos", ya que se hallaron en la ciudad de Magnesia.

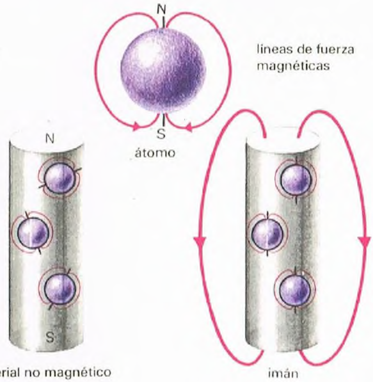
Hace ya 2000 años se sabía en China que, con libertad de movimiento, un imán se coloca siempre en posición Norte-Sur. Suspendiendo de un hilo una aguja magnética o dejándola flotar sobre un trozo de madera, en una vasija con agua, ya en aquellos tiempos se obtuvo una brújula sencilla. La parte de la aguja que señala al polo Norte se denomina "Polo Norte" y la parte opuesta, "Polo Sur".

Mediante experimentos sencillos se averiguó que los imanes actuaban sobre otros imanes. Más tarde se introdujo el concepto de *líneas de fuerza magnéticas*, las cuales hacen que se oriente una pequeña aguja magnética situada cerca del imán. Si un imán se coloca debajo de un papel, sobre el cual se esparcen limaduras de hierro, éstas se orientan como si fueran pequeñas agujas magnéticas y dan una imagen de las líneas de fuerza del imán.

En nuestros tiempos se ha podido determinar que *el fenómeno magnético se produce cuando hay cargas eléctricas en movimiento*. En sí, los átomos son pequeños imanes, ya que contienen partículas cargadas eléctricamente, electrones que giran alrededor de un núcleo.

A pesar de este hecho, la mayoría de los materiales no ejercen ninguna fuerza magnética exterior. Esto se debe a que los 'pequeños imanes' que forman parte del material están orientados en diferentes sentidos, de modo que sus fuerzas se compensan entre sí. En materiales magnéticos como el *hierro, níquel* y *cobalto* los átomos están ordenados de manera que sus campos magnéticos cooperan entre sí para formar un *imán permanente*.

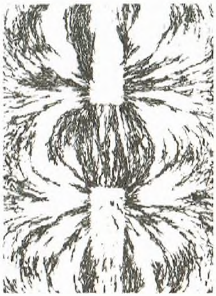
El hecho de que una aguja magnética se oriente en sentido Norte-Sur se debe a que se ve influida por el campo magnético producido por nuestro planeta. Todavía se desconocen las causas del *campo magnético de la Tierra*. Se ha dado la explicación de que el núcleo de la Tierra está formado por grandes cantidades de hierro, que forman un enorme imán permanente. Otra teoría sostiene que, debido a la rotación de la Tierra, en su interior se engendran enormes corrientes eléctricas. Probablemente, estas corrientes magnetizan un núcleo de hierro fundido.



material no magnético — imán

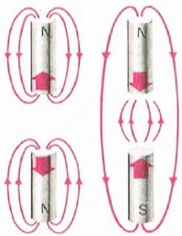
Campo magnético

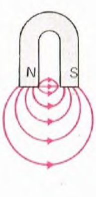
En sí, los elementos fundamentales de la materia, los átomos, constituyen pequeños imanes. Si estos «pequeños imanes» que integran un material se hallan completamente desordenados, las fuerzas se contrarrestan entre sí y no producen ningún efecto exterior. No obstante, si las fuerzas magnéticas se desarrollan en un sentido, el material toma características magnéticas. En un imán permanente los «imanes atómicos» están orientados en el sentido del imán. Si sobre un papel situado encima de un imán se esparcen limaduras de hierro, éstas se ordenan haciéndose visibles las líneas de fuerza del imán (a la derecha).



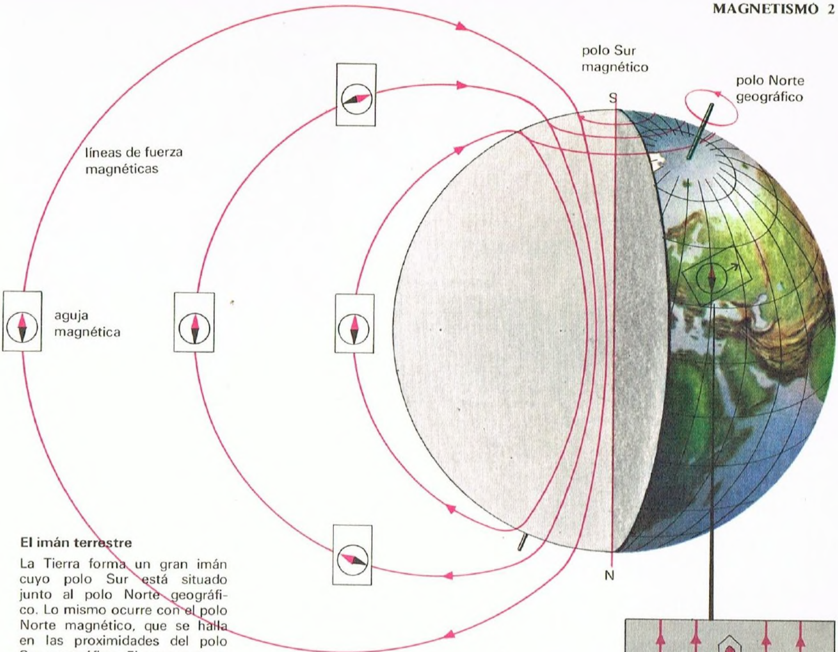
Fuerza de atracción

Si se colocan uno junto a otro los extremos de dos imanes, aquéllos pueden atraerse o repelerse. Se dice que cada imán tiene dos polos, uno Norte y otro Sur. Dos polos iguales se repelen, mientras que dos polos diferentes se atraen. Si el imán se dobla en forma de herradura, el campo magnético se concentra en la zona situada entre los polos, y es mayor la fuerza de atracción.





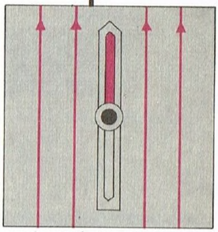




El imán terrestre

La Tierra forma un gran imán cuyo polo Sur está situado junto al polo Norte geográfico. Lo mismo ocurre con el polo Norte magnético, que se halla en las proximidades del polo Sur geográfico. El campo magnético es tan potente que puede atraer partículas cargadas eléctricamente situadas a miles de kilómetros de la Tierra.

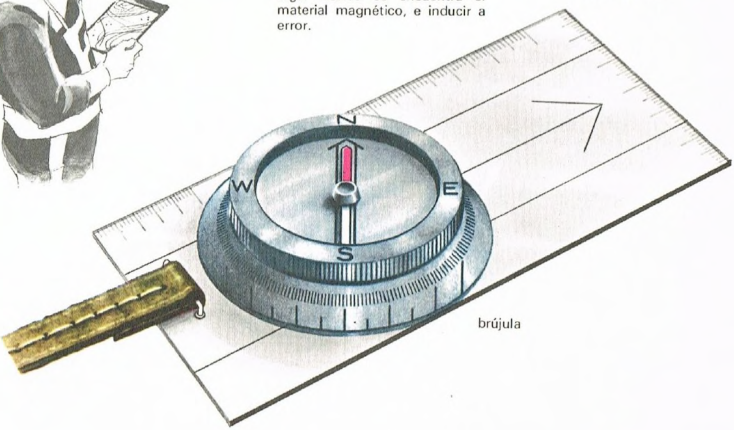




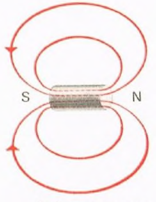
aguja magnética

Brújula

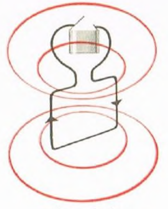
Para orientarse, el excursionista emplea la aguja magnética de su brújula. Con un mapa puede determinar su ruta, en relación con la dirección establecida por la aguja magnética. No obstante, hay que tener en cuenta que en las proximidades de yacimientos de hierro la aguja puede señalar hacia el lugar donde se encuentra el material magnético, e inducir a error.



brújula



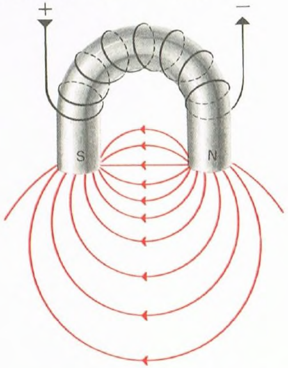
imán permanente



electroimán

La electricidad produce magnetismo

En la parte superior izquierda vemos un imán, y, en la derecha, una espira de alambre conectada a una batería. Si se hace pasar corriente eléctrica por la espira, alrededor de ésta se engendra un campo magnético y se originan líneas de fuerza magnéticas similares a las producidas alrededor del imán. Esto demuestra que las corrientes eléctricas pueden producir el mismo efecto magnético que los imanes permanentes.

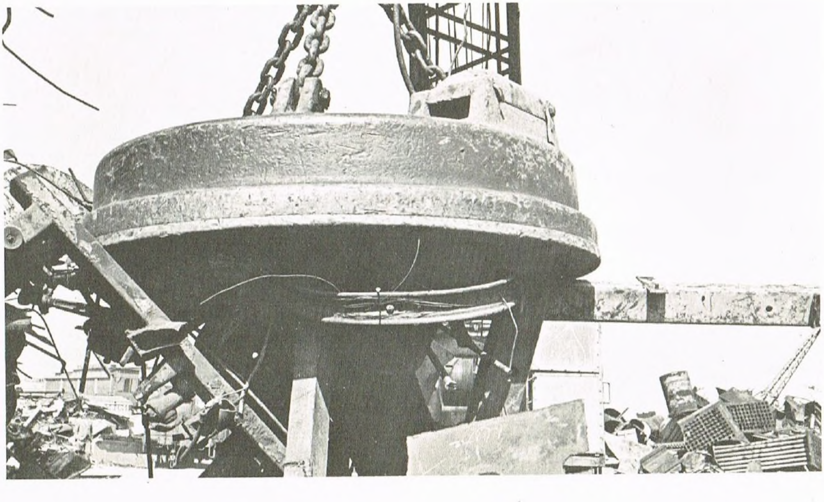


El electroimán

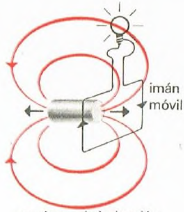
En 1820 Örsted descubrió que las corrientes eléctricas pueden influir sobre los imanes. También advirtió que si se enrollaba adecuadamente un hilo de alambre y se hacía circular por él una corriente eléctrica se formaba un imán. Con ello se descubrió el *electroimán,* que no tuvo aplicación práctica, ya que en aquellos tiempos no se disponía de fuentes eficaces de corriente eléctrica. Otros investigadores que estudiaron el fenómeno electromagnético, p. ej., Faraday, encontraron que se podía producir, con imanes, una corriente eléctrica en un circuito cerrado. Lo único que había que hacer era enrollar el conductor eléctrico, de modo que formara una bobina. Si se hacía variar el campo magnético que actuaba sobre la bobina —p. ej., desplazando junto a ella un imán permanente— se originaba una corriente eléctrica, mientras el imán estaba en movimiento. Así se descubrió que un campo magnético puede engendrar corrientes eléctricas, lo que permi-

Electroimán

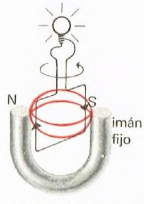
Si alrededor de una barra de hierro curvada se enrolla un hilo conductor por el que se hace circular una corriente eléctrica, obtenemos un imán muy potente (a la izquierda). Con la fuerza producida por estos electroimanes se pueden elevar grandes cantidades de material magnético, p. ej., varias toneladas de chatarra (abajo). Al interrumpir la corriente cesa la fuerza de atracción.



tió establecer los principios del generador eléctrico.
De este modo se obtuvo una fuente eficaz de energía eléctrica, aprovechando prácticamente el fenómeno electromagnético. A partir de este momento se desarrolló la electrotecnia, con el generador eléctrico, el electroimán, el transformador, y el motor eléctrico. Con el generador eléctrico se podía convertir en corriente eléctrica la energía desarrollada en los saltos de agua. Las turbinas impulsadas por el agua hacen girar dentro de un campo magnético una bobina, y este campo, variable por el giro de la bobina, hace que se induzca una corriente eléctrica. En la actualidad, máquinas de vapor accionadas por el calor producido por los reactores nucleares mueven los generadores. En los últimos años se han efectuado pruebas consistentes en hacer que las partículas eléctricas pasen por unos serpentines fijos situados en los reactores nucleares, para que los átomos produzcan directamente energía eléctrica, sin ser convertida primero en energía mecánica. Los resultados han sido prometedores.



corriente de inducción

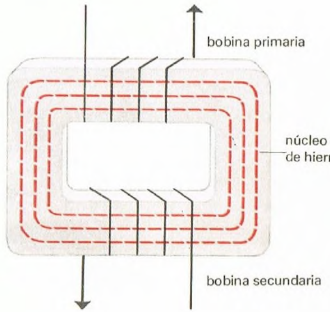


generador de corriente alterna

El magnetismo produce electricidad

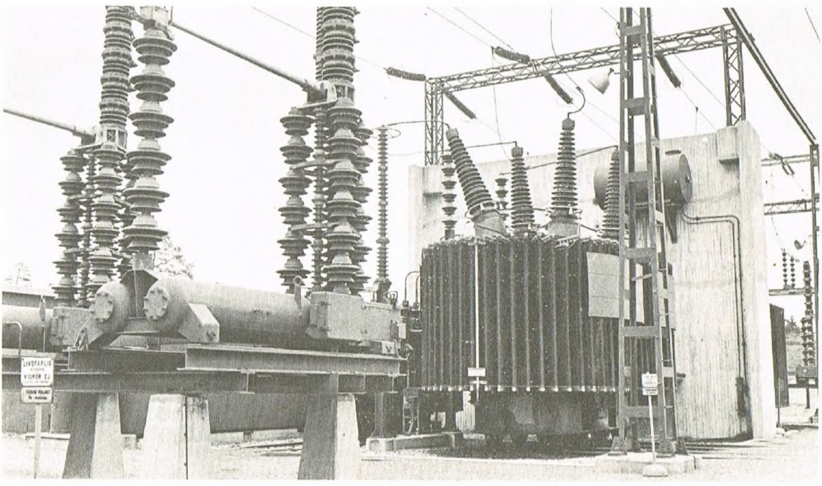
Si se somete una bobina a la acción de un campo magnético variable, p. ej., desplazando en su interior un imán permanente, se induce una corriente eléctrica.

Arriba vemos el principio del generador de corriente alterna. Cuando una espira gira entre los polos de un imán de herradura, varían las líneas de fuerza que cortan la espira y se produce una corriente eléctrica.



Transformador

En un transformador el campo magnético es producido por una bobina primaria y captado por una bobina secundaria (a la derecha). El hierro tiene la propiedad de conducir las líneas de fuerza magnéticas. El transformador se emplea para elevar o reducir las tensiones eléctricas. Abajo vemos una estación transformadora.



MAMIFEROS

Gestación y parto

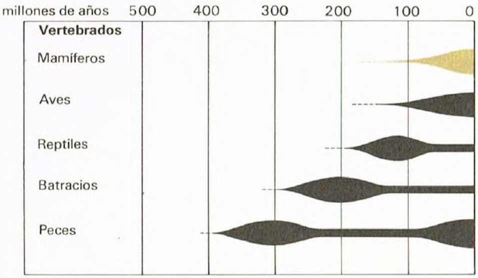
Una de las características con la que se ha definido tradicionalmente a los mamíferos, parir las crías, es, en realidad, equívoca. Otros animales no mamíferos paren también. Por tanto, es más correcto decir que los mamíferos (a excepción de los monotremas) paren hijos que se han desarrollado en el cuerpo de la madre y que, durante algún tiempo después de nacer, se alimentan de leche materna. El hecho de que los mamíferos alimenten de esta forma a sus crías ha determinado el nombre del grupo.

Los mamíferos ocupan el lugar más elevado dentro del reino animal. Su tamaño oscila entre el de la musaraña (4 cm) hasta el de la ballena azul (30 m), y han conquistado tanto los continentes como los mares y el aire. Pero no siempre ha sido así. Los primeros vertebrados eran peces, y durante la Era Mesozoica dominaban los reptiles, sobre todo enormes saurios herbívoros y feroces saurios carnívoros. Junto a estos gigantes vivían unos pequeños animales similares a la musaraña — los primeros mamíferos — que llevaban entonces una vida retirada, pero que, tras la extinción de los grandes reptiles, asumirían su papel dominante. Todavía no se

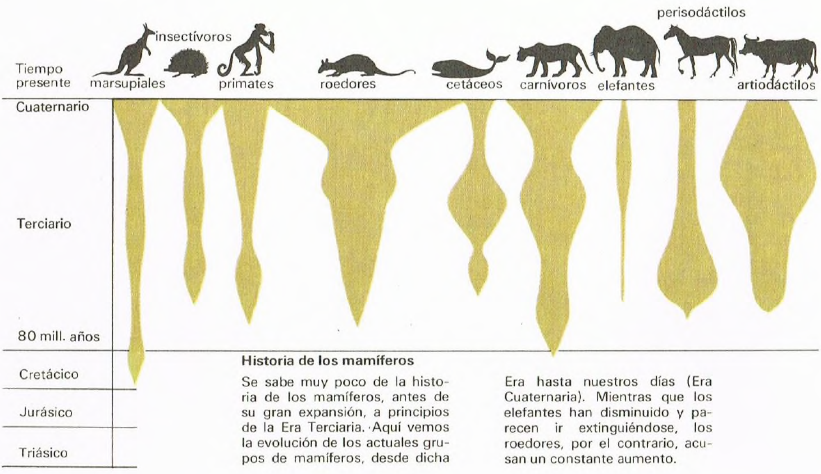


Aparición de los mamíferos

Unos antepasados de los mamíferos, parecidos a musarañas, husmean los restos de un gigantesco reptil. En aquellos tiempos se producía en el mundo animal un cambio de escena. Terminaba el dominio de los grandes reptiles, y se iniciaba una nueva época. Los mamíferos, aún pequeños pero susceptibles de perfeccionamiento, estaban preparados para asumir el papel predominante.



Los mamíferos comenzaron su expansión, hace aproximadamente 100 millones de años, siendo uno de los últimos grupos vertebrados que apareció.

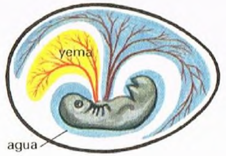


Historia de los mamíferos

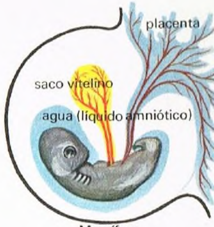
Se sabe muy poco de la historia de los mamíferos, antes de su gran expansión, a principios de la Era Terciaria. Aquí vemos la evolución de los actuales grupos de mamíferos, desde dicha Era hasta nuestros días (Era Cuaternaria). Mientras que los elefantes han disminuido y parecen ir extinguiéndose, los roedores, por el contrario, acusan un constante aumento.

sabe con certeza por qué los reptiles quedaron relegados a una posición secundaria, y se extinguieron en gran parte. Los mamíferos, que derivaron de reptiles primitivos, estaban, por lo visto, mejor equipados en varios aspectos, y su cerebro también llegó a desarrollarse rápidamente.

Características específicas de los mamíferos son el poseer glándulas mamarias, un corazón de 4 cavidades, pelo, y temperatura interna constante ("animales de sangre caliente"). Gracias a su piel y glándulas sudoríparas, de las que carecen todos los demás animales, los mamíferos pueden mantener uniforme, tanto en clima frío como cálido, la temperatura del cuerpo. Por esta razón, han podido propagarse por casi toda la Tierra. Sin embargo, el factor que más contribuyó, quizás, a dar a los mamíferos una superioridad sobre los otros animales es su método eficaz para el desarrollo y alimentación de la descendencia. La cría, antes de nacer, se desarrolla paulatinamente en el cuerpo de la madre, dentro de varias envolturas, y recibe de ella la alimentación, a través de la placenta. El líquido protector que rodea a todos los animales, al comienzo de su desarrollo, es una reliquia de la vida de los primeros animales, en los mares, cuando espermatozoides, óvulos y embriones flotaban libremente en el agua. De este modo la fecundación era casual, y sólo unos pocos gametos de los muchos producidos originaban crías que alcanzaban la madurez. El desarrollo del feto de los mamíferos es más seguro. Casi todos los huevos fecundados producen animales viables.



Ave



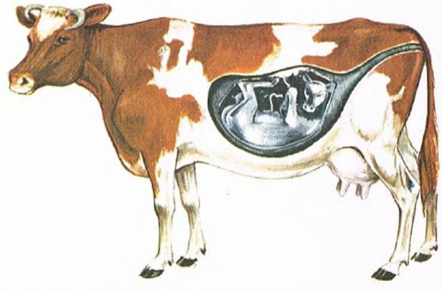
Mamífero



Pez (tiburón)

Feto de los vertebrados

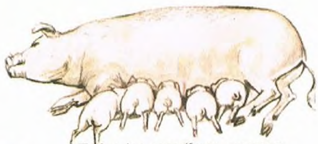
Al principio de la vida fetal muchos vertebrados son bastante parecidos. El feto del ave se alimenta de la yema del huevo, y algunos peces, del llamado saco vitelino. Los embriones de mamíferos tienen también un saco vitelino, pero además les procura alimento la sangre materna.

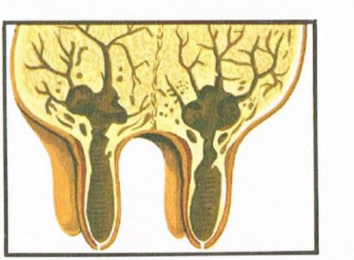


Protección y leche materna

La cría de los mamíferos se desarrolla bien protegida dentro del cuerpo de la madre. El feto se encuentra en la matriz, dentro del amnios, una bolsa llena de agua, y nace sólo cuando está capacitado para resistir los esfuerzos del mundo exterior. De forma análoga, el embrión del ave descansa en el líquido amniótico que existe dentro de la cáscara del huevo.









Todos los mamíferos amamantan a sus crías. Estas toman alimento de las glándulas mamarias de la madre, que desembocan en tetas o pezones. El número de mamas varía entre 2 y más de 20. La mujer sólo posee dos. En los rumiantes los pezones se encuentran entre las patas traseras; en los cerdos y carnívoros, en dos filas a lo largo del abdomen y del pecho. Se han logrado razas de gran producción lechera, con mamas hipertrofiadas: a la izquierda, una sección de la ubre de una vaca.

El cuidado de la cría

La mayoría de los animales inferiores dejan casi desamparados a sus descendientes, sin preocuparse de su desarrollo. Privados de protección, los huevos, larvas y crías están expuestos a infinidad de peligros, y muchos de ellos sucumben. Por ello, los peces, p. ej., han de poner varios miles o millones de huevos, mientras que las aves y mamíferos sólo tienen un pequeño número de crías, que reciben protección y cuidado. Las hembras de los mamíferos son las que se comportan de forma más maternal. La naturaleza las ha equipado de modo que pueden dar a sus crías la alimentación necesaria, sin tener que ir a buscarla, como hacen las aves. Gracias a la lactancia, las hembras y crías de los mamíferos forman una comunidad única en el mundo animal.

Al nacer, no todas las crías de los diferentes mamíferos están igualmente dotadas ante la vida. Algunas de ellas se hallan bien desarrolladas y, poco después del nacimiento, pueden ya sostenerse sobre sus patas. Pronto acompañan en sus andanzas a los animales adultos, para lograr de la manada cierta protección. Esto se refiere especialmente a los ungulados, que carecen de morada fija y casi siempre están deambulando.

Otras crías de mamíferos llegan al mundo muy atrasadas y relativamente desamparadas. No pueden desplazarse y, a menudo, están ciegas y desnudas. Sin la protección y el cuidado de la madre, morirían de hambre o serían fácil presa para los enemigos. Por lo general, la familia de los mamíferos sólo consta de la madre y las crías. En los animales más sedentarios, las crías crecen en la madriguera, hasta estar preparadas para valerse por sí solas. Algunos mamíferos superiores forman familias semejantes a las humanas, y el macho es entonces el responsable de la protección de la familia.

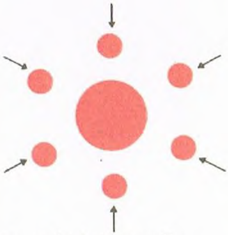
En el hombre, el mamífero más desarrollado, los cuidados maternales tienen una explicación afectiva. Por esta razón, en los cuidados que la hembra animal prodiga a sus crías vemos una manifestación del amor maternal. Sin embargo, el comportamiento de los animales obedece a instintos innatos que tienen un solo objeto: la supervivencia de la especie. Los instintos se completan y perfeccionan gracias a la capacidad de aprendizaje propia de los mamíferos. El juego de las crías, bajo la vigilancia de la madre, es una especie de autoeducación para la vida adulta.

En realidad, sólo el hombre y, hasta cierto punto, los monos, dan a las crías una educación. La hembra del mono, que acaricia a sus crías o llora su muerte, parece tener sentimientos maternales casi "humanos".



Crías bien desarrolladas...

Los ungulados, que llevan una vida nómada, paren crías tan desarrolladas que, poco después del nacimiento, pueden ya acompañar a los adultos. Las crías del alce (arriba), al igual que las del corzo (a la derecha), se levantan inmediatamente después del nacimiento, una vez que su madre las ha limpiado con la lengua.



la manada ofrece protección

En la manada nómada las crías viven bajo la protección de los adultos. En algunas especies, p. ej., el buey almizclado, los machos se colocan en círculo, alrededor de las vacas y terneros, cuando la manada es atacada.



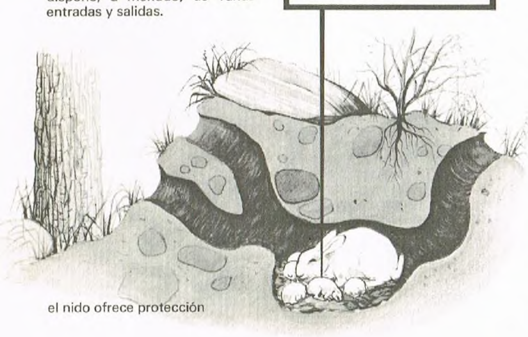
cría de corzo

... y atrasadas

La cría del conejo, recién nacida, es una pequeña criatura indefensa, desnuda y ciega que, al igual que los ratones, gatitos y perritos, necesita, durante un determinado período, la proximidad de la madre y el calor y protección del nido. La mayoría de los mamíferos que tienen habitación fija dejan que sus crías se fortalezcan en el nido, que, por razones de seguridad, dispone, a menudo, de varias entradas y salidas.



cría de conejo



el nido ofrece protección





Transporte

A veces, p. ej., en caso de peligro, las indefensas crías de los mamíferos han de ser trasladadas. Este transporte se resuelve de diferentes maneras. La cría del canguro lleva consigo, en la bolsa materna, «el nido». Los carnívoros (entre ellos los perros y gatos) llevan las crías sujetándolas, con los dientes, por la piel del cuello. La cría del babuino monta tranquilamente en la espalda de su madre.

Juego y experiencia

Las crías de los mamíferos nacen con una serie de instintos, pero también aprenden a través de su propia experiencia. Así, el gatito ha de aprender por sí solo la caza del ratón que su madre le ha traído.

No sabemos mucho acerca de los sentimientos de los animales. Con todo, los monos, al parecer, tienen una rica vida emocional.

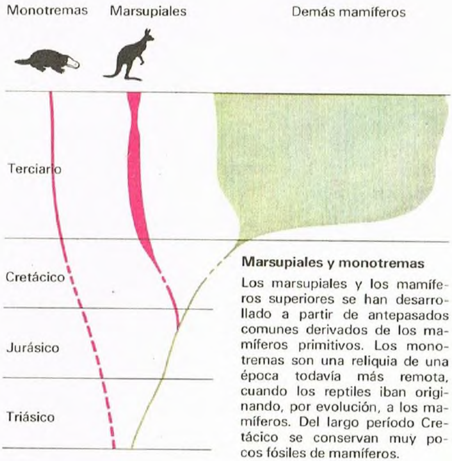






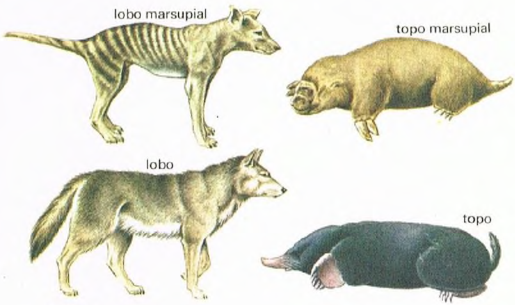

Familia

En muchos mamíferos existe una agrupación familiar parecida, en cierto modo, a la familia humana, si bien el macho dispone frecuentemente de varias hembras. En cambio, la familia del hombre actual está basada en la monogamia.



Marsupiales y monotremas

Los marsupiales y los mamíferos superiores se han desarrollado a partir de antepasados comunes derivados de los mamíferos primitivos. Los monotremas son una reliquia de una época todavía más remota, cuando los reptiles iban originando, por evolución, a los mamíferos. Del largo período Cretácico se conservan muy pocos fósiles de mamíferos.



Dobles

Entre los marsupiales hay especies que se corresponden estrechamente con otras de mamíferos superiores, p. ej., el lobo marsupial con respecto al lobo común, y el topo marsupial con respecto al topo europeo. Ambientes similares les han dado un ligero parecido en su estructura y modo de vida.



Monotremas

El ornitorrinco pertenece a la familia de los monotremas, mamíferos dotados de cloaca (abertura común al recto y a los órganos urinarios y genitales); son los únicos mamíferos ovíparos. Las mamas de la madre desembocan en áreas amplias de la piel del abdomen; las crías recién salidas del huevo chupan la leche que se escurre por el pelo.



Mamíferos primitivos

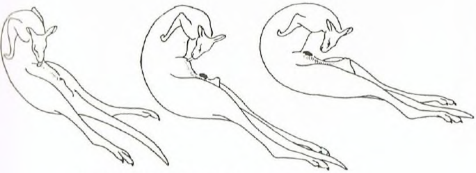
Los mamíferos más primitivos, *monotremas* y *marsupiales,* se extendieron, en tiempos, por todo el mundo. Pueden considerarse como una forma intermedia entre los reptiles y los mamíferos superiores. Algunos marsupiales presentan cierta correspondencia con mamíferos superiores, como el lobo, la marta o el topo. Hoy, casi todos los monotremas y marsupiales están confinados en Australia, cuya fauna natural carece de muchos mamíferos superiores.

Los *monotremas* se separaron muy pronto del tronco fundamental de los mamíferos; en realidad pueden describirse como intermedios entre éstos y los reptiles, una especie de reliquia del tiempo de los primeros mamíferos. Al igual que los reptiles, poseen una *cloaca* donde desembocan los aparatos digestivo, genital y excretor, y carecen del poder de regular su temperatura. Su diferencia principal respecto a los demás mamíferos estriba en que *ponen huevos* y los incuban. Sin embargo, sus crías, al igual que las de otros mamíferos, se alimentan con leche. El ornitorrinco, el más conocido de los monotremas, vive en Australia y cava su nido en las riberas de los ríos.

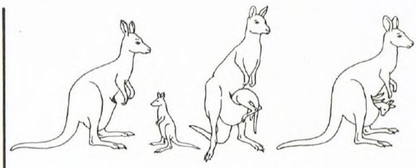
Los embriones de los mamíferos superiores reciben su alimentación a través de la placenta. Los *marsupiales* carecen de ella. Sus crías nacen al cabo de una gestación muy breve y están tan poco desarrolladas que durante un largo período han de recibir, en la *bolsa* de la hembra, alimentación, calor y protección. La bolsa es un pliegue de piel en el abdomen, en cuyo interior se hallan las mamas.

Durante la evolución de los mamíferos ha variado gradualmente el desarrollo del feto. En los mamíferos inferiores, éste se lleva poco tiempo en el cuerpo de la madre y, durante un periodo más prolongado, fuera del mismo, mientras que los mamíferos superiores guardan el feto, hasta su completo desarrollo, en el cuerpo de la madre. El primero de estos métodos permite que las crías se desarrollen más fácil y rápidamente; por esta razón los marsupiales dominaron por algún tiempo el mundo animal. Sin embargo, el método de los mamíferos superiores es todavía más eficaz que el anterior, por lo que pronto asumieron el predominio. El canguro y la zarigüeya son los marsupiales más conocidos. Las diferentes especies de canguro se parecen en la peculiar constitución corporal: parte delantera endeble, con brazos débiles, y, en cambio, patas traseras enormemente desarrolladas y una larga y potente cola. Esta sirve de "tercera pata" y de dispositivo de equilibrio, cuando el canguro se desplaza a saltos gigantescos.





La hembra del canguro, para parir, se sienta, se inclina hacia atrás, y extiende las patas posteriores. La cría nace muy pequeña y atrasada, pero es capaz de arrastrarse, por sí sola, hasta la bolsa materna, siguiendo un camino, en el abdomen de la madre, humedecido por ésta.



La cría del canguro vive hasta 8 meses sin salir de la bolsa de su madre. Más adelante, cuando se presentan peligros, regresa también a la bolsa. Entonces se introduce bruscamente en ella, da una vuelta completa y, una vez segura en el refugio, mira curiosamente por encima del borde.



Marsupiales

En otro tiempo los marsupiales se extendían por toda la Tierra. Pero fueron expulsados por los mamíferos superiores; actualmente sólo existen en Australia, donde dominan el mundo animal, y en América (un reducido número de especies). El canguro, que recorre en manadas las llanuras de Australia, se ha convertido en el símbolo pintoresco de dicho país. El gracioso koala, animal arborícola, es bien conocido por su gran semejanza con los ositos de trapo que los niños utilizan en sus juegos (a la derecha).









La zarigüeya pare hasta 16 crías, que, al nacer, se hallan muy atrasadas. Son de color rosado —ya que los vasos sanguíneos colorean su piel desnuda— y tan pequeñas, que toda la camada cabe en una cucharita. Con todo, logran llegar a la bolsa de su madre, donde permanecen casi 100 días; en un principio se cuelgan de los pezones, aunque los animalitos se encuentran demasiado débiles como para poder chupar. La leche se inyecta en su boca mediante los movimientos musculares de la madre. Más adelante se arrastran por la piel de ésta y montan, a veces, en su espalda.

Extraños mamíferos

Los mamíferos comprenden una gran diversidad de grupos y especies. Algunos de estos grupos tienen un aspecto relativamente extraño, como ocurre con los *insectívoros* y los *murciélagos;* pueden parecer grupos animales bastante insignificantes, pero presentan notables especializaciones. Ambos grupos son muy ricos en especies; en concreto, los murciélagos son, después de los roedores, el grupo de mamíferos más rico en especies.
Durante la primera expansión de los mamíferos, dominaban, junto con los marsupiales, los *insectívoros.* Estos últimos son mamíferos inferiores muy pequeños. Se alimentan, sobre todo, de insectos y gusanos, pero a menudo son omnívoros. Sus dientes son puntiagudos, por lo que pueden romper el caparazón de los insectos. Los insectívoros evitan, en lo posible, la luz diurna. Muchos de ellos duermen un sueño invernal.

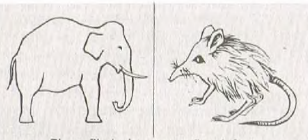




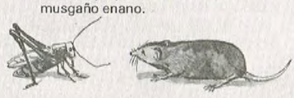
Erizo

El pelo dorsal del erizo está transformado en púas, excelente defensa en la lucha cuerpo a cuerpo. Cuando duerme, o en caso de peligro, se enrolla para protegerse. Oculta el hocico y las patas, y su cuerpo, gracias a la banda muscular que circunda su abdomen, se convierte en una pelota espinosa y se contrae formando una especie de bolsa.

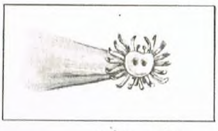




El perfil de la musaraña elefante, de 10 cm de longitud, recuerda el del elefante, el mayor mamífero terrestre del mundo. El más pequeño es el llamado musgaño enano.





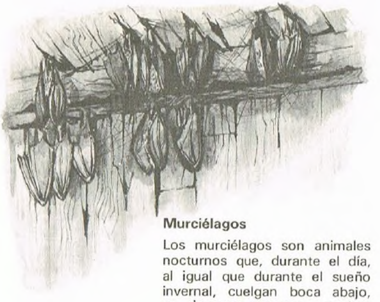


Topo

El topo, con su cuerpo fusiforme, su tupida piel y sus patas —que asemejan palas—, está bien adaptado a la vida subterránea. Su vista es débil; en cambio, su olfato es bastante fino. En algunas especies, el hocico tiene forma estrellada.



El topo revela su actividad excavadora, por los montones de tierra que saca de los largos túneles subterráneos en que vive. En invierno excava muy profundamente, y coloca en el fondo el nido. El topo es un animal dañino. Sus excavaciones destruyen las raíces de las plantas, y su alimento favorito es la lombriz, muy beneficiosa para el hombre, ya que airea la tierra cultivada.



Murciélagos

Los murciélagos son animales nocturnos que, durante el día, al igual que durante el sueño invernal, cuelgan boca abajo, en rincones oscuros –grutas, desvanes, huecos de muros, etc.–. Tienen el aspecto de pequeños monstruos. La fotografía de la derecha muestra una especie común, el murciélago orejudo.

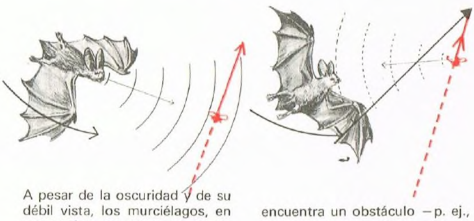


Entre los insectívoros actuales hay varios animales muy conocidos (erizo, topo, musaraña). Durante el transcurso de millones de años, el erizo ha desarrollado una constitución tan original como práctica. Protegido por su armadura espinosa ataca tanto a las ranas como a la rata de agua, e incluso a las víboras.

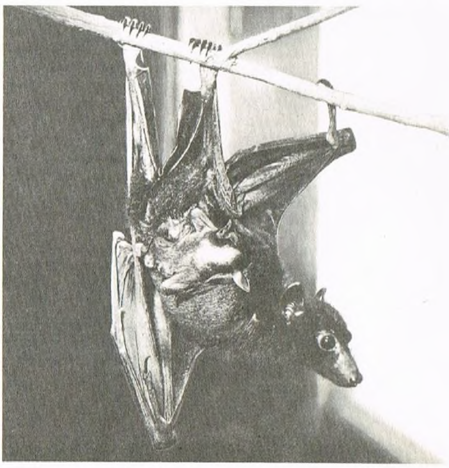
Las musarañas son los mamíferos más pequeños. La menor de ellas, el musgaño enano, sólo mide 4 cm. También son los mamíferos más voraces: en un día pueden ingerir una cantidad de alimentos superior a su propio peso.

Los únicos mamíferos capaces de volar son los *murciélagos*. Se han convertido en un grupo rico en especies, que compite con las aves en el dominio del aire. Sus alas son delgados pliegues de piel tendidos entre el cuerpo y cuatro dedos muy largos. Los murciélagos descansan durante el día, y salen volando en busca de alimentos, al anochecer. La mayoría son insectívoros, pero otros se alimentan con frutas, y algunos de ellos (vampiros) chupan sangre.

El mecanismo que permite a los murciélagos el vuelo nocturno es una de las maravillas técnicas del mundo animal. Su vista deficiente es compensada con un excelente oído. Estos animales emiten una especie de ultrasonido que, al reflejarse, recogen en sus sensibles oídos.

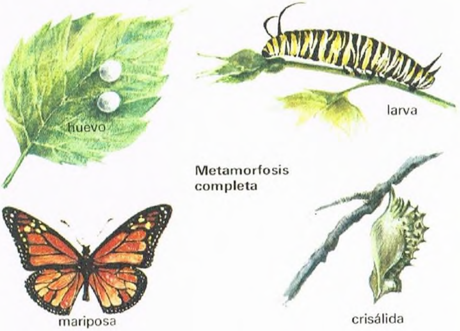


A pesar de la oscuridad y de su débil vista, los murciélagos, en sus vuelos nocturnos, demuestran una buena capacidad de orientación. Durante el vuelo emiten gritos muy agudos, imperceptibles para el oído humano. Cuando la onda sonora encuentra un obstáculo –p. ej., un muro o un insecto– es reflejada y captada por los sensibles oídos del animal. Entonces el cazador, para evitar la colisión o capturar su presa, cambia de rumbo.



Los zorros voladores son grandes murciélagos tropicales; su cabeza se parece a la del perro. La especie llamada kalong es la más alta; puede llegar a tener 40 cm, con una envergadura de 1,5 metros.

La hembra, tanto en reposo como durante el vuelo, lleva la cría colgada del pecho (derecha).



A lo largo de su desarrollo, casi todos los insectos sufren varias transformaciones. Las mariposas experimentan una metamorfosis completa, que comprende cuatro estados: huevo, larva, crisálida e insecto perfecto. Durante un año pueden sucederse varias generaciones. A menudo las alas de las mariposas poseen un dibujo muy bonito, con manchas que reflejan todos los matices del espectro solar (véase abajo).

MARIPOSAS

Las mariposas, insectos bellos de día y de noche

En general, los insectos no gustan demasiado a los hombres; hay una excepción: las mariposas. En todos los tiempos, su belleza y su vuelo ligero, de flor en flor, han sido motivo de admiración e incluso las han cantado los poetas. Llaman especialmente la atención las mariposas diurnas, pero, en realidad, la mayoría de las mariposas son nocturnas. No todas son bonitas y vistosas; las hay con aspecto insignificante. Algunas poseen alas transparentes y se parecen a los abejorros o a las avispas; otras carecen de alas o las tienen muy atrofiadas.

Las mariposas son insectos de metamorfosis completa, con las cuatro fases siguientes: huevo, larva, crisálida e

Los colores del espectro solar

mariposa de la col — licena dorada — *Gonepteryx* — mariposa tecla — licena — papilio peruano



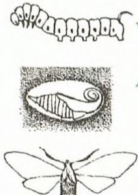


Algunos grupos importantes de mariposas

Las mariposas diurnas tienen antenas mazudas, y alas grandes y coloreadas. Sus larvas son lisas, o tienen pequeños cuernos. La crisálida se sostiene en cualquier parte, mediante hilos finos.



mariposas diurnas



esfinges



El cuerpo de las esfinges es bastante grande; y las alas delanteras, largas y estrechas. Las antenas son filiformes o fusiformes. Al final del cuerpo las larvas poseen un cuerno. La pupación tiene lugar bajo tierra.

Las polillas son mariposas nocturnas de antenas plumosas. Sus larvas son peludas y construyen grandes nidos de seda. Para protegerse, antes de transformarse en crisálidas tejen un capullo.

polillas



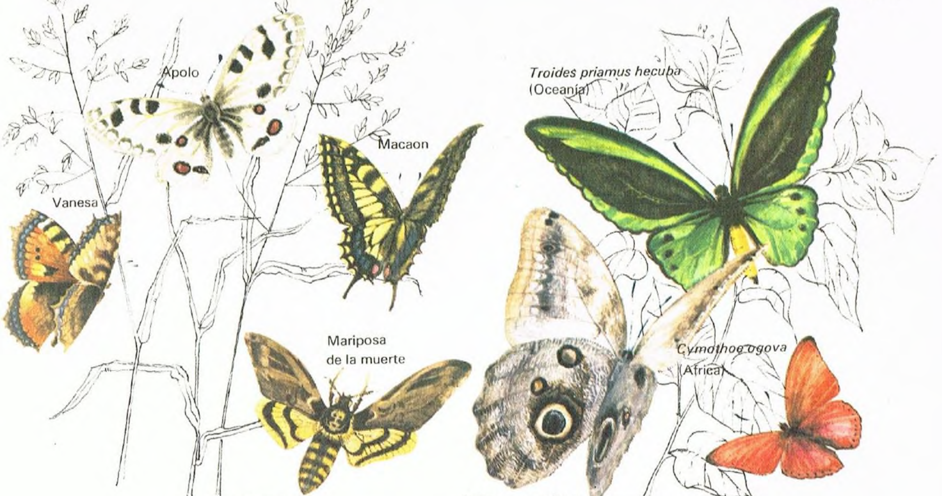
geómetras



El cuerpo de las geómetras es delgado. Sus larvas, al desplazarse, parecen medir su propia longitud, arqueando y estirando el cuerpo. La crisálida suele sostenerse en una rama.







Zonas templadas

También en las zonas templadas —aunque no posean una fauna de mariposas tan variada y resplandeciente como en los trópicos— hay muchas especies de bellas mariposas que dan vida y color al paisaje.

Los trópicos

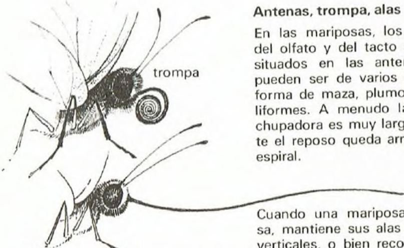
En comparación con sus otras congéneres, algunas mariposas tropicales parecen gigantescas, ya que la envergadura de sus alas supera los 30 cm. Las mariposas tropicales que aparecen en los dibujos de la parte superior proceden de tres continentes diferentes.

insecto perfecto. Las larvas tienen boca masticadora y se alimentan de toda clase de vegetales. El aspecto de las larvas varía mucho; a menudo tienen gran parecido con el ambiente que las rodea; unas poseen pelos, aristas, púas, o cuernos, y otras son totalmente lisas. Cuando la larva está desarrollada por completo, busca un lugar protegido donde, con hilos de seda, teje un capullo y se encierra en él —o bien muda simplemente su última piel— transformándose en *crisálida*. Después de cierto tiempo sale de la crisálida la *mariposa* adulta. La mayoría de las mariposas viven del néctar de las flores. La boca de estos insectos está parcialmente convertida en trompa, para chupar el néctar. Algunos de los órganos sensoriales de las mariposas no son tan eficientes como los de otros insectos. Su visión es escasa, a pesar de tener unos ojos compuestos muy grandes. En cambio, los órganos del olfato y del tacto están bien desarrollados. Las mariposas se clasifican en "macrolepidópteros" (mariposas diurnas, y esfinges) y "microlepidópteros" (polillas), clasificación que resulta práctica pero que no es científicamente correcta. Las mariposas diurnas vuelan durante el día, las esfinges lo hacen durante la noche y el crepúsculo, mientras que los microlepidópteros, generalmente, vuelan de noche.



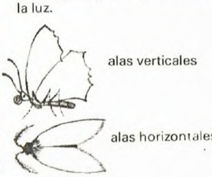
Antenas, trompa, alas

En las mariposas, los órganos del olfato y del tacto se hallan situados en las antenas, que pueden ser de varios tipos: en forma de maza, plumosas, y filiformes. A menudo la trompa chupadora es muy larga; durante el reposo queda arrollada en espiral.



Cuando una mariposa descansa, mantiene sus alas cerradas, verticales, o bien recogidas hacia atrás, horizontalmente. Las alas están cubiertas de escamitas de quitina finamente talladas. Los diferentes colores dependen del pigmento que contengan, y de la reflexión de la luz.







Las mariposas transportan el polen

Las mariposas son importantes para la vida de muchas flores, porque, al mismo tiempo que, con su larga trompa, chupan el néctar, llevan el polen desde los estambres al pistilo.

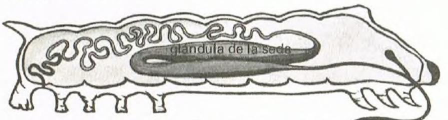


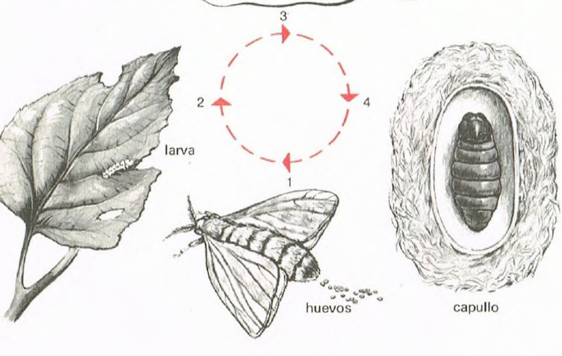
Cultivo del gusano de seda

La larva de la mariposa de la seda se alimenta de las hojas de la morera. En China el gusano de seda se ha cultivado desde hace miles de años; esta costumbre ha llegado poco a poco a otros países. Las larvas viven en jaulas y se alimentan con hojas de morera. Antes de convertirse en crisálidas, se las coloca encima de ramas secas, para que puedan tejer sus capullos.



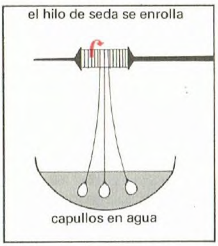
larva (gusano de seda)





Aspectos positivos y negativos de las mariposas

Las mariposas, de colores vivos y vuelo ligero, no sólo son bonitas, sino también útiles para la naturaleza. Las mariposas, como otros insectos, se posan sobre las flores y transportan de una flor a otra el polen. Especialmente, las esfinges diurnas visitan muy a menudo las flores, por lo que son factores decisivos en la fecundación de éstas. Por tanto, indirectamente también son útiles para los hombres. La única mariposa que proporciona al hombre utilidad directa es la de la seda. Casi todas las orugas, a la hora de transformarse en crisálidas tejen un capullo de seda. En el caso de la mariposa de seda, el hombre ha sabido utilizar industrialmente esta capacidad. Durante varios miles de años los chinos han criado la mariposa de la seda, costumbre que, poco a poco, se extendió a Europa. Las larvas, los llamados gusanos de seda, se alimentan de hojas de morera, y los capullos de éstos pueden contener cerca de 4 000 metros de hilo. Los gusanos de seda se crían en sitios especiales; para su transformación en crisálidas se colocan sobre ramas secas. Los capullos se introducen en agua hirviendo, donde se deshacen los hilos. Los hilos exteriores se quitan, y los interiores, de mejor calidad, se devanan, hoy en día generalmente con má-



Cuando viven en libertad, las hembras de la mariposa de la seda ponen, en la morera, hasta 500 huevos. De éstos salen larvas que sufren cuatro mudas o cambios de piel. Cuando ya están desarrolladas, suben a las ramas secas y empiezan a tejer un capullo de seda, producida por dos glándulas, en forma de un hilo líquido que se solidifica al contacto del aire. En el cultivo se controla continuamente el desarrollo de las larvas. Cuando los capullos están formados, se recogen y se sumergen en agua caliente. Entonces mueren las crisálidas y se desprenden los hilos. Estos se devanan luego mecánicamente.





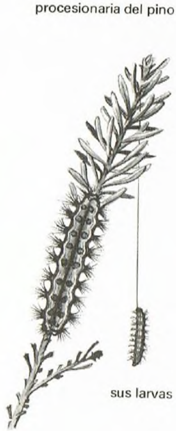
procesionaria del pino

La mariposa destructora

En los bosques de coníferas la procesionaria puede causar grandes estragos. Las larvas se alimentan de las hojas del pino y dejan los árboles desprovistos de ellas (véase arriba). Se cuelgan de los hilos que segregan, y el viento las lleva a nuevos árboles. Las larvas de varias especies de polillas causan muchos daños a los árboles. Se comen las hojas y envuelven con sus hilos las ramas, formando velos grisáceos.



mariposa del ciruelo



sus larvas



quinas. Un solo capullo puede dar hasta 800 m de hilo de seda de gran calidad. A pesar de que las mariposas nos resultan simpáticas por la belleza de sus alas, debemos recordar que sus larvas causan mucho daño a la vegetación. Las orugas viven de las plantas, y devoran una enorme cantidad de vegetales. Los nidos de algunas envuelven con velos grisáceos plantas y árboles. Por ejemplo, las larvas de la procesionaria del pino pueden ocasionar la muerte de bosques enteros. A mediados del s. XIX ocurrió una verdadera catástrofe: a causa de los estragos de esta larva tuvieron que talarse varios millones de metros cúbicos de madera, con lo que quedaron destruidos gran parte de los bosques de Europa y de la Rusia occidental. En EE.UU. la procesionaria del roble ocasiona grandes daños. La piral y la mariposa del manzano (ambas nocivas para este árbol), junto con la mariposa de la viña, causan grandes pérdidas en los cultivos. Hoy se ha logrado disminuir mucho los estragos causados por las orugas, gracias a nuevos métodos para combatirlas. Sin embargo, periódicamente surgen plagas de orugas, que ocasionan daños irremediables.



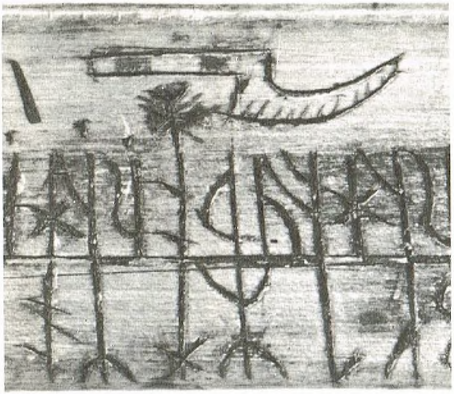
mariposa del manzano

La larva de la mariposa del manzano vive en las manzanas agusanadas. Perfora la pulpa de éstas, hasta llegar al corazón de la manzana. Para transformarse en crisálida busca en la corteza del manzano un lugar adecuado y, al llegar la floración del árbol, sale el insecto adulto, la mariposa.

polilla de la ropa

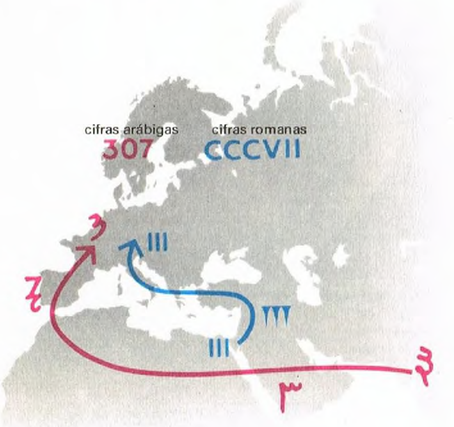


Todas las amas de casa temen la polilla de la ropa. Las larvas ocasionan en los tejidos grandes daños, sobre todo en la lana. Las polillas que vuelan suelen ser los machos, ya que las hembras, por lo general, no saben volar. Anteriormente, para proteger la ropa se usaba la naftalina, cuyo fuerte olor impregnaba la ropa y era muy difícil eliminarlo. Hoy, gracias a una mejor limpieza, unos métodos más modernos en la lucha contra los insectos, y el uso, cada vez más frecuente, de nuevas fibras textiles, la polilla va desapareciendo paulatinamente.



Antes de las cifras

El hombre primitivo calculaba las cantidades, p. ej., cuántos animales poseía, reuniendo otras tantas piedras. Poco a poco aprendió a hacer incisiones en madera o en piedra, en vez de reunir guijarros. Comprendió que leer una cantidad era más sencillo si las incisiones estaban reunidas en grupo. Todavía nosotros trazamos una raya oblicua sobre las cuatro rayas anteriores cuando queremos indicar el número cinco. El calendario rúnico, sobre madera, que se muestra encima es del siglo XV.



El camino de las cifras

El imperio romano se extendió hasta el Asia Menor y allí adquirió su sistema numeral, tomándolo de las antiguas civilizaciones de Babilonia y Egipto. Durante el período de esplendor de Roma, en todo el norte de Europa sólo había tribus primitivas. Al extenderse la civilización existían dos sistemas de cifras que escoger, el romano y el indoarábigo. Este último había recorrido ya un largo camino por el norte de África y España. El número 307 escrito en ambas formas muestra la superioridad del sistema arábigo. La cifra 3 se escribe de distinta forma en la India, Arabia y España. Sólo con la invención de la imprenta, las cifras adquirieron su forma definitiva en Europa.

MATEMÁTICAS

Las cifras

Cuando el hombre se hizo sedentario aprendió a calcular magnitudes. Necesitaba saber, p. ej., cuántos animales poseía o cuántos guerreros tenía una tribu enemiga. Por cada animal que se quería contar se doblaba un dedo o se metía una piedra en un saco. De esta forma se desarrolló poco a poco un concepto de los números, se empezó a poder contar.

Este rudimentario método llevó al hombre a tallar también muescas en palos de madera o a hacer incisiones en las rocas o en tabletas de arcilla.

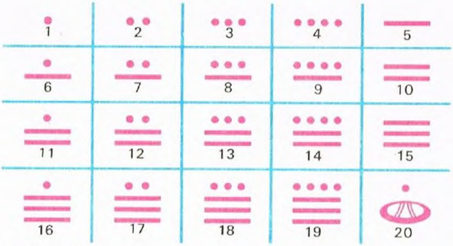
Las diferentes civilizaciones utilizaron distintos signos para números pequeños (cifras). Sin embargo, es fácil observar cómo el concepto de cantidades estaba ligado al número de dedos de la mano y a menudo también al de los pies. El *pueblo maya,* en México y América Central, indicaba con una línea recta una mano completa (cinco), dos rayas para ambas manos (diez), tres rayas para dos manos y un pie (quince). Los *babilonios,* en Asia Menor, contaban, hasta nueve, con los dedos de la mano, pero dos manos completas se indicaban con un signo especial. El *sistema arábigo,* que hemos adoptado, cuenta con símbolos totalmente diferentes para las distintas cifras, pero sólo tiene diez. Para escribir una cantidad grande se ordenan en una forma convenida los pocos símbolos de que se dispone. Las cifras tienen un valor diferente según el orden en que estén colocadas. Es el llamado sistema de posiciones.

Los números 1 hasta el 9 corresponden a las unidades y escribimos 307 cuando queremos indicar $3 \times 10 \times 10 + 0 \times \times 10 + 7$. Para el pueblo maya las unidades eran los números del 1 al 19. Sus símbolos ≡ ∸ se leían 15 y 7 y significaban $15 \times 20 + 7$, que es el 307 en nuestro sistema de numeración.

Los babilonios utilizaban el sistema sexagesimal. Sus símbolos ⩪ ⩫ representan nuestros 5 y 7 y significan $5 \times 60 + 7$, lo que corresponde a nuestro 307. Tanto la civilización maya como la babilónica disponían del mismo sistema de posiciones que nosotros, aunque sus unidades eran otras.

Nuestro cero no sólo nos ha dado un sistema de posiciones único y superior, sino que también nos ha permitido hallar un método sencillo para indicar cuándo una posición está vacía. Nuestras nueve unidades nos facilitan la multiplicación de cualquier cantidad, una vez aprendidas las tablas correspondientes, hasta la del nueve. Para los babilonios era más difícil, ya que debían aprender hasta la tabla del cincuenta y nueve.

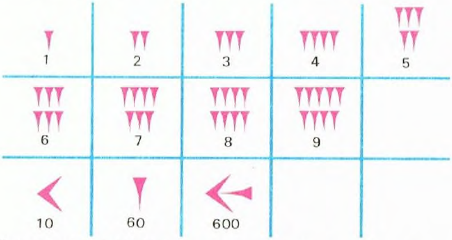




Dedos de las manos y de los pies

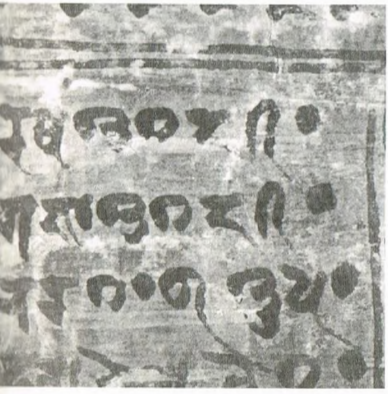
El trazar tantas incisiones como número de objetos se quiera contar es bastante laborioso. En vez de ello, todas las civilizaciones conocidas han encontrado y utilizado alguna forma de sistema numeral. El pueblo maya de América Central utilizó veinte signos diferentes para las cifras, tantos como dedos tenían. El número cinco era una línea recta en vez de cinco puntos. Dos rayas (5 + 5) significaban diez, y tres rayas significaban quince. El Sol era el dios del pueblo maya y la última cifra (20) de su sistema de numeración era distinguida con el símbolo divino.

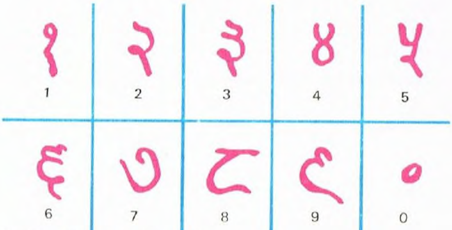




La revolución de la Luna

Los astrónomos babilonios desarrollaron el sistema de numeración más antiguo conocido. Utilizaron distintos signos hasta el número 60, que son los días correspondientes a dos revoluciones de la Luna. Los astrónomos precisaban números muy grandes y fáciles de leer. Aún hoy se utiliza su ingenioso sistema. Escribían un número, p. ej. el 3661, de esta forma: ▼▼▼ Nosotros escribimos 1^h, 1^m, 1^s (1 hora, 1 minuto, 1 segundo) en vez de 3661 segundos. No existe ningún signo para el cero, excepto en ciertos números, como p. ej. 600(‹ ◂)El signo ◂ puede leerse como 0 (en nuestro sistema: $10^m + 0^s = 600$ segundos).





Cuentas de los comerciantes

Un comerciante ha de tener un sistema de contabilidad seguro y fácil de llevar. Cuando todas las cifras tienen signos diferentes, el riesgo de equivocaciones de lectura disminuye. Un signo especial para el cero hace más fácil el sumar y el restar. Las cifras indias de encima comenzaron a utilizarse alrededor del año 600. Fueron adoptadas por los árabes y llegaron hacia el siglo XIII a España. El sistema que se utiliza actualmente en todo el mundo procede de los árabes.

Contar con bolas

El mercader oriental está frente a un bastidor de bolas primitivo, un ábaco. En su forma más sencilla, cada hilera albergaba tantas bolas como unidades había en el sistema de numeración que se utilizaba. Los árabes tenían nueve.



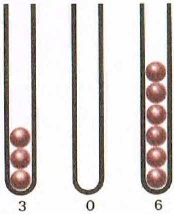
Del ábaco al ordenador

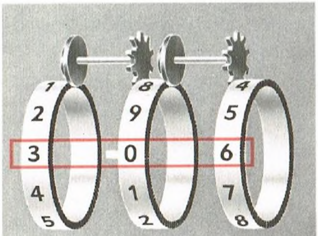
Cuando el hombre se hizo sedentario y las aldeas se reunieron formando comunidades, las necesidades de la colectividad debían cubrirse mediante impuestos repartidos de una forma lo más equitativa posible, y habían de ser calculados y registrados los ingresos y los gastos. En nuestra sociedad actual, los niños aprenden, ya en la escuela, a realizar los cálculos que se necesitan para una contabilidad simple. En las sociedades de la antigüedad era un trabajo para especialistas.

Un bastidor con bolas, el *ábaco*, ha sido un medio auxiliar imprescindible en todas las cuentas. Se ha utilizado durante miles de años, de la misma forma que en el ejemplo que se da abajo. Las bolas tienen distintos valores según las diferentes líneas en que están colocadas.

El ábaco y la máquina de calcular

Cada hilera completa de un ábaco alberga nueve bolas. Cada rueda de una máquina de calcular tiene grabadas las diez cifras desde el 0 al 9. En un ábaco, el número 306 se indica metiendo seis bolas en la hilera de la derecha y tres en la tercera hilera a partir de la derecha. En la máquina de calcular se mueven, por medio de ruedas dentadas, las ruedas numeradas, hasta que el número 306 aparece en la ventanilla.

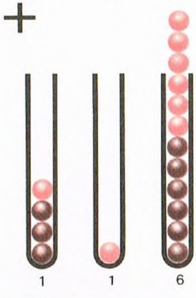


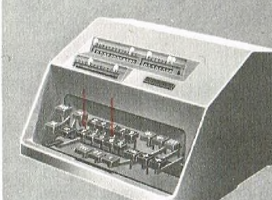


Se suman 116

Si se añaden 6 bolas en la hilera de la derecha, 1 bola en la hilera del centro y 1 en la hilera de la izquierda, el contenido del ábaco ha aumentado en 116 unidades.

En la máquina de calcular se escribe en el teclado el número 116. Sin haber todavía influido en el número indicado en la ventanilla, las ruedas dentadas de la máquina se han preparado ya para girar la rueda de números de la derecha seis pasos; la del centro, uno; y la de la izquierda, otro.

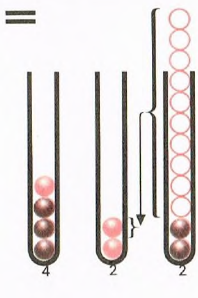


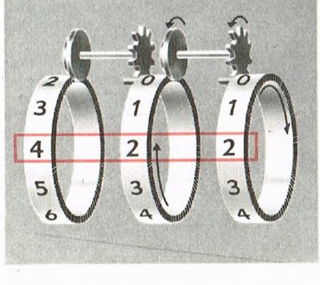


máquina de calcular

Redisposición

La hilera derecha del ábaco está llena. Se quitan diez bolas y, en vez de ellas, se coloca una en la hilera del centro y se lee el resultado: 422. Oprimiendo el botón de la adición de la calculadora se ponen en movimiento las ruedas dentadas; la de la derecha adelanta seis pasos (7, 8, 9, 0, 1, 2) y llega hasta el 2. Cuando una rueda pasa por el 0, hace adelantar un paso a la rueda de la izquierda. El 1 introducido impulsa la rueda central hasta el número 2. La rueda de la izquierda gira un paso y da el 422.

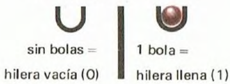




Cifras de la computadora

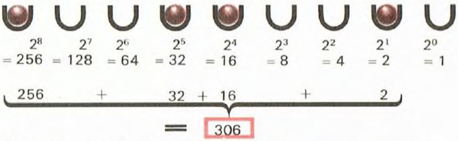
El ábaco tiene hileras que pueden contener hasta nueve bolas. La máquina computadora de datos tiene conductores que llevan, o no, corriente. La computadora solamente puede distinguir entre corriente y no corriente, a través de un cable (hilera). Es un ábaco que sólo tiene sitio para una bola en cada ranura. Por tanto, se necesitan muchos cables para poder escribir un número grande.





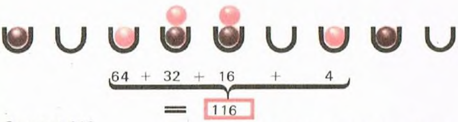
El número total se indica computando cuántas bolas contienen todas y cada una de las filas. En el *sistema numeral de los romanos* la fila más a la derecha era la fila de las I, a continuación seguía la fila de las X y la fila de las C. El número 422 se escribía CCCCXXII; se repetían las letras tantas veces como bolas hubiera en la fila del ábaco. El número 306 se escribía CCCIIIIII. Esta forma de escribir era bastante tosca, pese a que para expresar el número IIIII bastase escribir VI, pero no había peligro de que una línea vacía pudiera introducir confusión en la contabilidad. En la *India* se tenían signos especiales para las cifras desde el uno hasta el nueve. Para indicar que una cifra estaba vacía, se dejaba un pequeño espacio. El número 306 se escribía como 3 6. Era corriente equivocarse y creer que el número era el 36. Los banqueros y comerciantes indios se cansaron pronto de esta inseguridad y dieron órdenes a sus escribientes para que colocaran un punto en el lugar vacío, de modo que el anterior ejemplo se escribió 3.6. Este punto creció y se convirtió en una nueva cifra, el *cero*.

El mismo sistema se utiliza en *los ordenadores* (máquinas calculadoras) que trabajan según un sistema binario, es decir, con el 2 como base. Los ordenadores realizan todas las operaciones mediante una cifra además del cero. Para indicar un número, los ordenadores requieren una gran cantidad de espacio, precisan de muchas filas en su ábaco. Donde nosotros, que utilizamos diez cifras, escribimos 422, la máquina habrá de escribir 110100110. Como contrapartida tiene una tabla de multiplicar muy sencilla, sólo necesita saber que $0 \times 0 = 0$, $0 \times 1 = 0$ y que $1 \times 1 = 10$ (es decir, el 10 en el lenguaje particular de los ordenadores).



Ábaco de la computadora

En nuestro sistema decimal el número 110 indica $1 \times 10 \times 10 + 1 \times 10 + 0$. Para la computadora, que sólo tiene dos cifras diferentes (1 y 0), el 110 significa $1 \times 2 \times 2 + 1 \times 2 + 0$, que es 6. Las hileras de ábaco de encima demuestran que el número 306 requiere nueve lugares y se escribe 100110010 (la hilera llena significa 1, la hilera vacía significa 0).



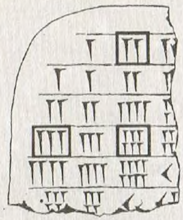
Se suma 116

La computadora escribe el número 116 en su lenguaje; escribe 1110100. Las bolas rojas son los nuevos unos, los ceros se colocan donde no se necesita ninguna bola. Circuitos electrónicos de las filas 3, 5, 6 y 7 (contados desde la derecha), habrán de tomar los nuevos unos. Las filas 3 y 7 comienzan a conducir corriente y las filas 5 y 6 no la dejan pasar.



Redisposición

Los impulsos eléctricos hacen variar la capacidad conductora de las filas, según el mismo principio de la transposición de las bolas en un ábaco.
En una fila llena, se quitan dos bolas y se coloca una en la fila más cercana hacia la izquierda, hasta que no quede ninguna fila con más de una bola. El número 110100110 de la computadora vale 422.



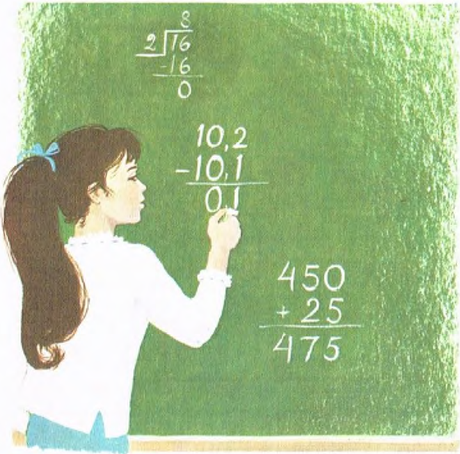
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	•	10	15	20	25

Tabla de la multiplicación

Las cifras de la derecha están tomadas de una tabla utilizada en escuelas para niños. Los signos cuneiformes de la tablilla babilónica de arcilla demuestran que se utilizaba hace ya miles de años el mismo tipo de tablas. Se puede saber cuántas son 3×2, siguiendo la columna horizontal correspondiente al 3, hasta que se corta con la columna vertical correspondiente al 2.

Dividir

Dividir 6 entre 3 significa que hay que buscar el número que multiplicado por 3 dé 6. El utilizar en una división el ábaco es demasiado complicado. Los antiguos disponían de tablas de multiplicación que se utilizaban a la inversa. Si se quiere, p. ej., dividir 20 entre 4, se sigue la columna horizontal correspondiente al 4, hasta el 20, y el resultado deseado se obtiene siguiendo verticalmente hacia arriba en la columna.



... restar... y sumar

Los antiguos utilizaban un bastidor de bolas, un ábaco, para sumar, restar y multiplicar. Las hileras del ábaco les permitían, de modo sencillo, escribir, con pocas cifras, grandes números. Gracias a ellas podían llevar sus cuentas y realizarlas según los mismos principios que nosotros. La cifra cero nos ha liberado del ábaco. Mediante el cero podemos trasladar las cifras hacia la izquierda, partiendo de la fila de las unidades. Cada paso que transportamos una cifra aumenta su valor numérico 10 veces. Los ceros, tras una coma de decimales, trasladan las cifras hacia la derecha de la posición de las unidades. Cada paso hace disminuir 10 veces el valor numérico de la cifra. Podemos así escribir números tan pequeños como se desee.

La aritmética y el álgebra

La tablilla de arcilla que se ha encontrado en Mesopotamia (en el actual Irak) es una prueba de la antigüedad del arte de contar. Otras tablillas de arcilla demuestran que también se conocía el *álgebra,* el arte de contar con símbolos como si fueran números.
En álgebra, las letras sustituyen a los números. La ventaja de calcular con letras radica en que se obtienen soluciones generales que pueden utilizarse para cualquier problema del mismo tipo.

El quinielista que desee saber cuántos "treces" o "doces" obtendría haciendo todas las combinaciones posibles para acertar un "catorce" (o sea, 3^{14}), puede utilizar una fórmula algebraica. Sólo necesita sustituir las letras por las cifras que se requieran en cada caso especial. La solución al problema expuesto en la parte superior derecha de la página siguiente —concretamente, el número de "doces" que acertaría— es 364.

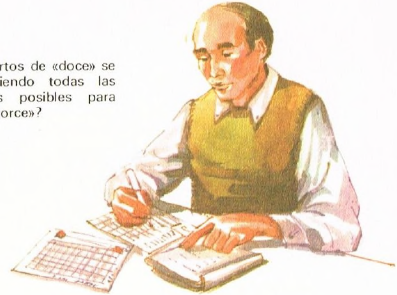
Para poder utilizar la fórmula ha de aprenderse el lenguaje matemático —normalmente no es más difícil que recordar algunas palabras de una lengua extranjera—. Por ejemplo, m! (se lee factorial de m, y significa que habrán de multiplicarse sucesivamente todos los números desde el 1 hasta el m), y m^n (las cantidades grandes se escriben a menudo con 10^n, las pequeñas con 10^{-n}. Ejemplo: $10^2 = 10 \times 10$; $10^{-2} = 0{,}1 \times 0{,}1 = 0{,}01$). La expresión $\sqrt{a}$ indica que habrá de buscarse un número que, multiplicado por sí mismo, dé a. $\sqrt{64}$ es 8, ya que 8×8 es 64. Encontrar el número $\sqrt{2}$ es más difícil. 1,414 es bastante aproximado, pero por más decimales que escribamos no se llega nunca a obtener un valor exacto. Si se opera con un número quebrado (un quebrado es un número entero dividido por otro número entero, p. ej., 7/5) resulta igualmente imposible. Tales números se llaman irracionales.

Cuando se descubrió que existían números que no pueden escribirse exactamente con cifras, se originó una gran confusión. En Grecia se supuso durante largo tiempo que, debido a este motivo, las cifras representaban medios auxiliares inferiores dentro de las matemáticas. Sólo eran útiles para el comercio y las transacciones, pero la ciencia matemática se dedicaba a un fin más valioso, la *geometría.* En un cuadrado de 1 m de lado, la diagonal es $\sqrt{2}$ m. La diagonal es tan real como otras rectas, por lo que la geometría no resulta afectada por la incapacidad de las cifras para representar la longitud exacta.

Algebra

En álgebra, se utilizan letras, en lugar de signos, para resolver los problemas. A la derecha se ha calculado el número de columnas (n) que resultarían premiadas con 12 aciertos (p = 12), si un quinielista hiciese todas las combinaciones posibles para acertar un 14 (m = 14).

¿Cuántos aciertos de «doce» se obtienen haciendo todas las combinaciones posibles para acertar un «catorce»?



Fórmula algebraica: $$n = \frac{m! \cdot 2^{(m-p)}}{p! \cdot (m-p)!}$$

Sustituyendo las letras por cifras: $$\frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 13 \cdot 14 \cdot 2^2}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 2} =$$

$$= \frac{13 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 2}{1 \cdot 2} = 364$$ columnas con 12 aciertos.

Aritmética

En la página de la izquierda, los cálculos del encerado son ejemplos sencillos de aritmética, la parte de las matemáticas que trata con números determinados. A menudo, es muy difícil saber cómo ha de efectuarse un cálculo, a pesar de conocer todos los números que hayan de entrar en él. La fórmula del quinielista, expuesta arriba, es una expresión de este tipo.
Con las letras del álgebra se puede, en muchos casos, analizar problemas y hallar su correcta expresión aritmética. La fórmula de la derecha muestra en cuánto tiempo – t – un automóvil se mueve a lo largo de un trayecto – s – (100 m), si la velocidad aumenta en a (10) metros cada segundo. Con las cifras de la figura, la respuesta es $\sqrt{20}$ seg (raíz cuadrada de 20, esto es, unos 4,4 segundos).

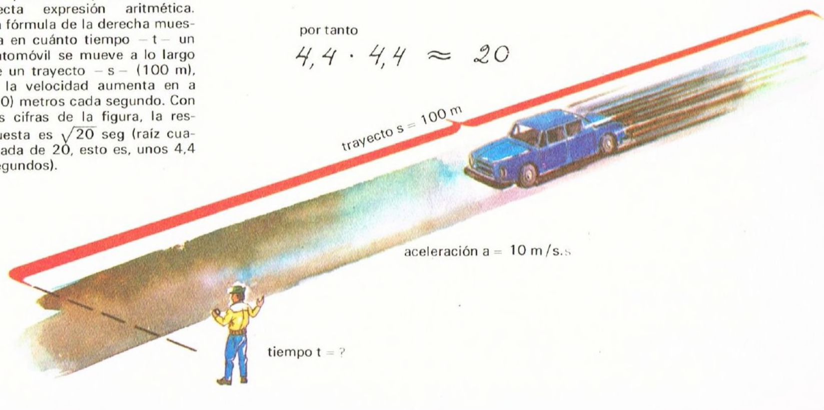
$$t^2 = \frac{2 \cdot S}{a} \qquad t = \sqrt{\frac{2 \cdot S}{a}}$$

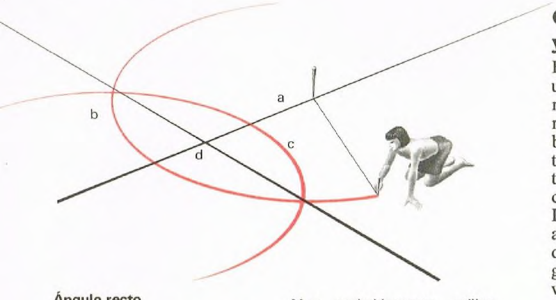
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{10}} = \sqrt{20}$$

$$\sqrt{20} \approx 4,4$$

por tanto

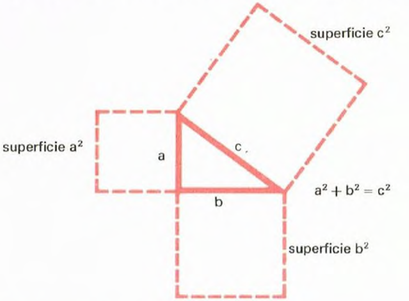
$$4,4 \cdot 4,4 \approx 20$$





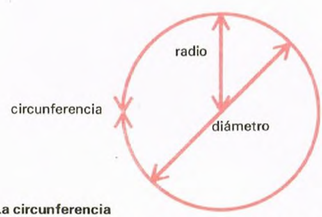
Ángulo recto

La base de las grandes pirámides egipcias es un cuadrado cuyos lados están orientados exactamente hacia los cuatro puntos cardinales. Al construirlas, los egipcios hubieron de tener un método para trazar un ángulo recto. Muy probablemente, utilizaron el de dibujar una línea recta (a) sobre la que tomaban dos puntos como centro de dos arcos de circunferencia (b, c). La línea que une los puntos de intersección de los dos círculos corta la primera línea, formando un ángulo recto (d).



Teorema de Pitágoras

Haciendo que todos y cada uno de los lados de un triángulo rectángulo sean a su vez el lado de un cuadrado, la suma de las superficies de los dos cuadrados menores es exactamente igual a la superficie del cuadrado mayor. Llamando a los lados del triángulo a, b y c, como en la figura, se puede expresar la anterior igualdad, del modo siguiente: $a^2 + b^2 = c^2$. Un triángulo cuyos lados sean proporcionales a 3, 4 y 5 verifica el teorema.



La circunferencia

Todos los puntos de una circunferencia están a igual distancia del punto central. Esta distancia es el radio del círculo. El diámetro, que es la recta que une dos puntos de la circunferencia, pasando por el centro, mide el doble del radio. La longitud de la circunferencia es π (pi) veces mayor que el diámetro. El valor de π es aproximadamente 3,14. Podemos calcularlo con cuantos decimales queramos, pero es imposible escribir con cifras su valor exacto.

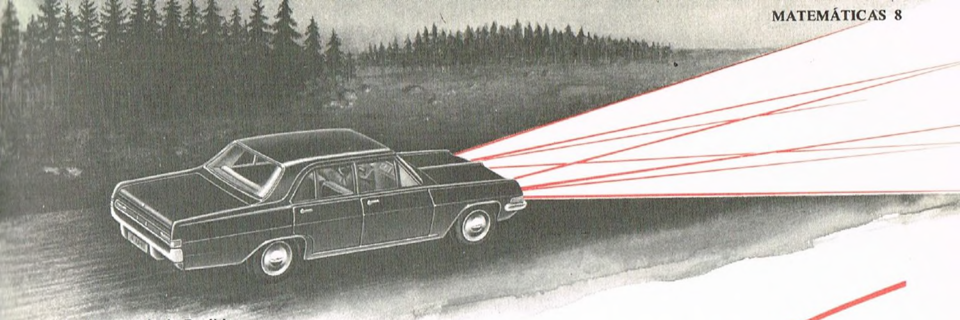
Geometría pura y geometría analítica

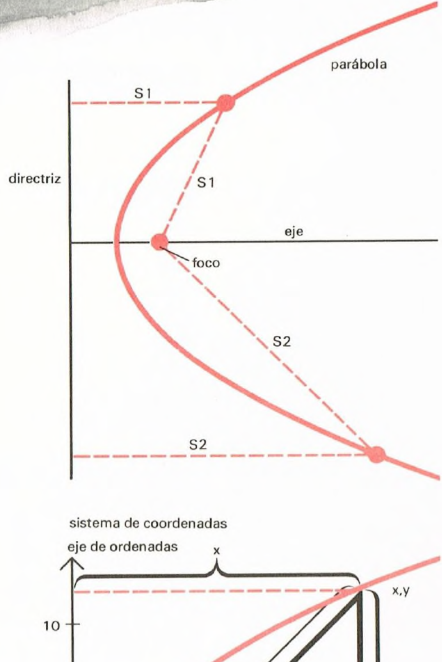
En la antigua Grecia, la geometría era una ciencia altamente considerada. Alrededor de 300 años a. de C., *Euclides* reunió en 13 libros, a los que dio el nombre de *Elementos,* todos los conocimientos de la geometría griega. Parte de su trabajo se estudia aún hoy en las escuelas.

La *geometría pura* de Euclides basaba su argumentación en una serie de postulados e intentaba describir la realidad. Eligió aquellos que pudieran aparecer como verdades tan evidentes que nadie pudiera dudar de ellos. Dos conocidísimos ejemplos de tales "verdades" son: a) una línea recta es la distancia más corta entre dos puntos; b) dos líneas paralelas nunca se encuentran por más que se las prolongue.

Euclides tuvo gran interés en formular sus teorías de modo que cada nueva proposición geométrica fuera una consecuencia lógica de relaciones ya demostradas. Para ello se sirvió de ciertas construcciones geométricas, especialmente de aquéllas que podían realizarse con ayuda de dos sencillos instrumentos: el compás y la regla. El ángulo recto que se muestra en la parte superior de la página izquierda está construido según el sistema propuesto por Euclides. El teorema de Pitágoras lo demostró en sus *Elementos,* ya que con una regla se puede dividir un cuadrado en otras figuras (triángulos). Hasta mediados del s. XIX no se descubrió que todo lo que es razonable para el entendimiento humano no es también, necesariamente, una verdad absoluta. El sistema euclidiano constituye ciertamente una buena exposición de las peculiaridades geométricas terrestres, pero no es ineluctablemente cierto para el espacio.

El sistema euclidiano tiene todavía otro punto débil. A menudo no es práctico construir con compás y regla figuras geométricas. Por otra parte, hay muchas figuras que no pueden construirse con métodos tan simples. Los matemáticos europeos, como *Descartes* y *Leibniz,* desarrollaron, durante el s. XVII, una nueva geometría con un campo de aplicación mucho más amplio: la llamada *geometría analítica.* Continuaba aceptándose el postulado de Euclides y sus teoremas geométricos, pero utilizándolos junto con los métodos del álgebra y de la aritmética. Figuras geométricas que eran totalmente desconocidas pudieron ser trazadas y analizadas de un modo muy simple. Los ejes de un sistema de coordenadas (véase fig. a la derecha) ofrecen un marco en el que se puede trazar una figura geométrica (parábola) representativa de una ecuación ($y^2 = 10x - 25$).





Geometría de Euclides

La luz de una lámpara situada en el foco de la parábola se refleja de tal modo que sale paralelamente al eje de la misma. El reflector de un faro de automóvil tiene usualmente la forma de una superficie parabólica. Otra de las propiedades de la parábola es que cada punto de la curva está a igual distancia (distancias S1 y S2) de una línea recta determinada, llamada directriz, y del foco. Es muy fácil construir un instrumento mecánico que sirva para dibujar, con exactitud aceptable, una parábola.

En la geometría de Euclides, que comprende prácticamente todos los conocimientos geométricos de la antigua Grecia, un aparato de este tipo es inconcebible. No es válida ninguna construcción que no pueda realizarse con el compás y la regla.

Geometría analítica

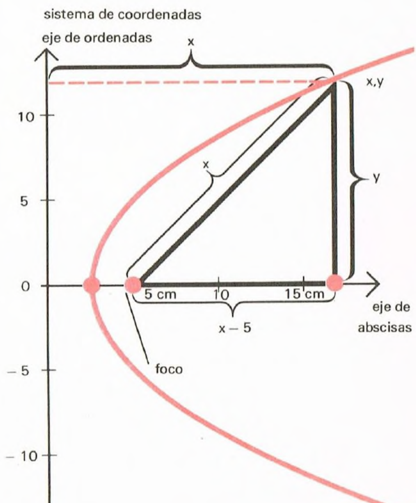
Al trazar, con un compás y una regla, una parábola, se puede medir la distancia a los ejes desde cualquier punto de la curva. La geometría analítica da la vuelta a este problema. Se dibujan primero los ejes, el de las X y el de las Y. A continuación se busca la relación que ha de existir entre la distancia **x** al eje de las Y y la distancia **y** al eje de las X, cuando el punto **x, y** está situado sobre una parábola. Esta relación se utiliza, luego, para construir la parábola.

Para trazar una parábola cuyo foco esté 5 cm a la derecha de una línea dada, se puede tomar dicha línea como eje de las Y, directriz, y situar el foco en el eje de las X, a una distancia 5. La hipotenusa del triángulo rectángulo tiene una longitud x (distancia hasta el eje Y = = distancia al foco). Los catetos miden **x−5** e **y**. El teorema de Pitágoras da la relación $y^2 + (x-5)^2 = x^2$, que puede simplificarse de la siguiente forma: $y^2 = 10x - 25$. La tabla a la derecha ofrece algunas distancias (x,y) de algunos puntos de la parábola (si **x** es 2,5, entonces y es 0, y así sucesivamente).

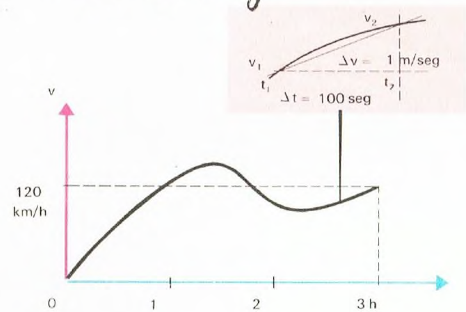
$$y^2+(x-5)^2=x^2$$

$$y^2=10x-25$$

x	y
2.5	0
7.5	≈ 7
16.5	≈12



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{100}\ m/seg^2$$



Derivadas

La curva superior muestra un diagrama cinemático en el que para cada tiempo —t— se puede saber la velocidad del automóvil —v—. Con la derivada se puede saber cómo acelera el automóvil (a) y cómo frena durante la marcha. Con ayuda de una integral se puede calcular en el diagrama el espacio recorrido.
Si se traza una línea recta entre dos puntos cercanos de la curva, coincide casi con la curva entre dichos puntos. En el tiempo t_1, la velocidad es v_1, y en el tiempo t_2 es v_2. Cuando el tiempo aumenta en $t_2 - t_1 = \Delta t$, varía la velocidad en $v_2 - v_1 = \Delta v$. El cociente $\Delta v/\Delta t$ es la medida de la pendiente de la curva con respecto al eje de tiempos. Si v aumenta, el ángulo con el eje se hace agudo y, si v disminuye, obtuso.
La derivada es el límite del cociente $\Delta v/\Delta t$ cuando los dos puntos se acercan indefinidamente. Es por tanto una medida exacta de la pendiente de la curva hacia el eje de tiempos. En el diagrama se da la derivada de la velocidad, respecto al tiempo que es la aceleración.

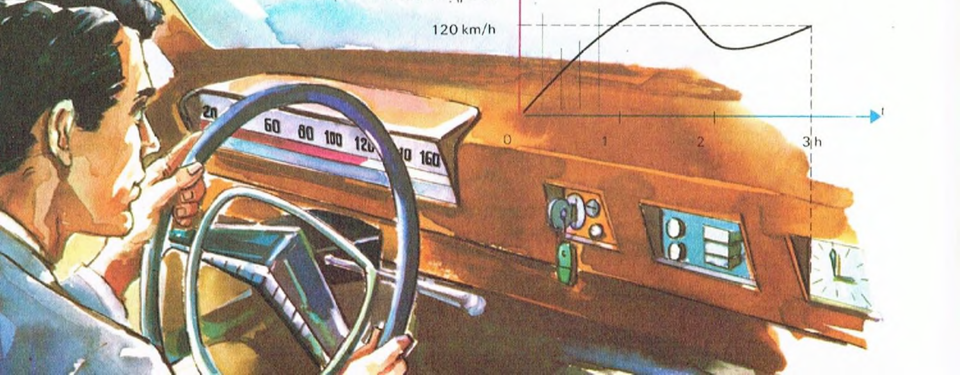
Integral

En la curva de la derecha se puede apreciar la velocidad de un automóvil en cada momento, durante un viaje de 3 horas. La fórmula $s = v.t$ es válida sólo cuando la velocidad es constante. También se pueden calcular los trayectos recorridos en esta curva de velocidades. Si se dividen las tres horas en tiempos muy pequeños Δt, la velocidad es casi constante durante todos y cada uno de los tiempos Δt. Si se suman después todos los trayectos que ha recorrido el automóvil durante cada Δt, se obtiene casi el valor verdadero del trayecto. El resultado sólo es exacto cuando se ha dividido el tiempo en infinitos intervalos y se escribe entonces dt en vez de Δt. Cuando se calcula una integral, se suma un número infinitamente grande de números infinitamente pequeños. El signo de integral se representa por $\int$. La fórmula es $\int_0^3 v.dt$.

Números infinitamente pequeños y números totalmente nuevos

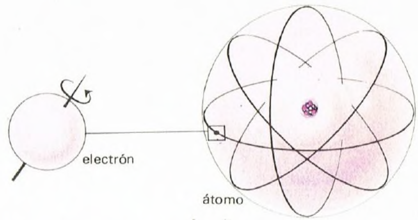
La geometría analítica combinó la geometría pura con el álgebra. Por ello no es preciso limitarse a referir siempre las figuras a un sistema de coordenadas puramente geométrico. A la izquierda se muestran las imágenes de un diagrama cinemático que indica la velocidad *v* de un automóvil, en tiempos *t* diferentes. Este diagrama cinemático ha sido trazado leyendo simultáneamente la velocidad del automóvil y el cronómetro. No existe ninguna relación más estrecha entre las *v* y las *t* del diagrama. La velocidad ha de ser definida por circunstancias sumamente variables, como el estado de la carretera, limitaciones de velocidad, etcétera.
A veces puede expresarse la ley física adecuada analizando, por medios matemáticos, una curva. Si la ley es conocida, el cálculo de una derivada o de una integral puede dar a menudo la información deseada, sin necesidad de realizar ningún experimento. Se puede saber cómo el automóvil ha acelerado (o frenado) durante su marcha, utilizando el concepto matemático de *derivada,* y determinar, por medio de una *integral,* la longitud del trayecto.
La *derivada* es el cociente entre dos

$$S_1 + S_2 + S_3 \ldots\ldots$$
$$= v_1 \cdot \Delta t + v_2\,\Delta t \ldots\ldots$$
$$= 15 \cdot \tfrac{2}{10} + 45\tfrac{2}{10} + 100\tfrac{2}{10} \ldots\ldots$$
$$S = \int_0^3 v\,dt$$



incrementos que tienden a cero (véase fig. superior izquierda con $\Delta v/\Delta t$). La *integración* (cálculo de una integral) consiste en sumar un número infinito de números que también tienden a cero (aquí un trayecto *s*). Newton y Leibniz hicieron, en el siglo XVII, cálculos parecidos, pero hubo de llegarse a mediados del XIX para conseguir demostrar lógicamente que estos cálculos, aparentemente inútiles, podían dar resultados prácticos.

El rápido desarrollo de las matemáticas durante los siglos XVII y XVIII dependió, en gran parte, de que se descubrieron y utilizaron nuevos métodos, sin exigir ninguna prueba de que fueran una consecuencia lógica de los anteriores conocidos. Los estrictos requerimientos de lógica y de consecuencia, que informaban la ciencia del siglo XIX, no sólo proporcionaron unos fundamentos estables a los métodos conocidos anteriormente sino que también confirieron valor propio a todo un sistema construido lógicamente. El concepto de número se perfeccionó con el *álgebra de determinantes con matrices*. Esta nueva álgebra era lógica y consecuente, pero nadie podía ni siquiera soñar que más tarde se utilizaría para describir una realidad exterior, la materia. Los determinantes y otras elaboraciones abstractas del siglo XIX se emplean en la física actual.



$a \cdot b + b \cdot a = 2\,ab$	$a \cdot b + b \cdot a = 0$
$2 \cdot 3 + 3 \cdot 2 = 2 \cdot 6 = 12$	?
$a \cdot b - b \cdot a = 0$	$a \cdot b - b \cdot a = 2\,ab$
$2 \cdot 3 - 3 \cdot 2 = 0$	?

Determinantes

Para los números corrientes a y b la operación a·b = b·a, por ejemplo 2 × 3 es igual a 3 × 2. La descripción matemática de un electrón requiere números con la propiedad de que a·b = − b·a (arriba a la derecha). Las matemáticas tienen también un álgebra en donde esto es cierto, el álgebra de las matrices. En la línea superior, abajo, hay dos matrices diferentes a y b. Los trazos verticales que rodean las cifras son los símbolos de la matriz. Tales matrices son los números de la nueva álgebra. Las cifras tienen diferentes colores para que el lector pueda seguir las nuevas reglas de adición y multiplicación. Fuera de los signos de matriz rigen siempre las reglas normales de operación. En las dos últimas líneas se han respondido las interrogantes, es decir, que a·b = − b·a puede ser verdaderamente cierto.

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1, & 0 \\ 0, & -1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0, & -1 \\ 1, & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{a}+\mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1, & 0 \\ 0, & -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0, & -1 \\ 1, & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+0, & 0 \mp (-1) \\ 0+1, & (-1)+0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1, & -1 \\ 1, & -1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1, & 0 \\ 0, & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0, & -1 \\ 1, & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot 0 + 0 \cdot 1, & 1 \cdot (-1) + 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot 0 + (-1) \cdot 1, & 0 \cdot (-1) + (-1) \cdot 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, & -1 \\ -1, & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{b} \cdot \mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0, & -1 \\ 1, & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1, & 0 \\ 0, & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \cdot 1 + (-1) \cdot 0, & 0 \cdot 0 + (-1) \cdot (-1) \\ 1 \cdot 1 + 0 \cdot 0, & 1 \cdot 0 + 0 \cdot (-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, & 1 \\ 1, & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{b} \cdot \mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0+0, & -1+1 \\ -1+1, & 0+0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} = 0$$

?

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} - \mathbf{b} \cdot \mathbf{a} = \begin{bmatrix} 0-0, & -1-1 \\ -1-1, & 0-0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, & -2 \\ -2, & 0 \end{bmatrix} = 2\,\mathbf{ab}$$

?



Matemática de los ingenieros

Un ingeniero necesita elementos auxiliares prácticos para su trabajo. La regla de cálculo puede compararse a una elegante colección de tablas numéricas que permiten obtener rápidamente los resultados de multiplicaciones o divisiones. Las tablas en forma de libros facilitan cálculos más complicados.



Abel

Abel y Riemann

Niels Henrik Abel (1802-29) y Bernhard Riemann (1826-66) pueden representar la posición de los matemáticos respecto a su ciencia. Ellos prescinden de la aplicación práctica. El álgebra fue desde un principio un método para expresar números corrientes; la geometría estudiaba propiedades que eran típicas de la agrimensura. El trabajo de Abel abrió el camino a la teoría de



Cálculo de probabilidades y estadística

A principios del siglo XVII, un acaudalado jugador, Chevalier de Méré, tuvo la idea de servirse de las matemáticas para hallar un sistema que acertara siempre en la ruleta. Logró interesar en este proyecto a matemáticos tan eminentes como Pascal y Fermat.

Por desgracia, no existe ningún sistema infalible de juego pero, en vez de ello, se obtuvo una nueva rama de las matemáticas que da resultados todavía más valiosos. El cálculo de probabilidades y sus aplicaciones a la estadística constituyen hoy en día uno de los campos más importantes dentro de la matemática práctica. Las encuestas elaboradas estadísticamente son de gran utilidad.

El arte de contar y las matemáticas

En el siglo XVII comenzaron a desarrollarse, en su forma experimental, las ciencias naturales. Se comprobó entonces que las cuatro operaciones no eran suficientes para formular un experimento. Surgieron nuevas ideas y nuevos métodos. Estos demostraron ser útiles prácticamente y llevaron a resultados exactos. Sin embargo, la matemática todavía se conformaba con sistematizar y simplificar el arte contable.

A comienzos del siglo XIX se produjo un cambio fundamental en la concepción del objeto de la matemática. Ya no bastaba que un método diera resultados utilizables en la práctica; se exigía que pudiera, además, ser definido mediante un razonamiento lógico y a partir de supuestos básicos aceptados. La matemática pasó, de método auxiliar, a ciencia. El cálculo infinitesimal de Newton (ciencia de los números infinitamente pequeños) le habia ayudado a encontrar leyes mecánicas, pero su forma de operar no era muy lógica. El cálculo infinitesimal fue dividido en los cálculos diferencial e integral, utilizables prácticamente y construidos con estricta lógica.

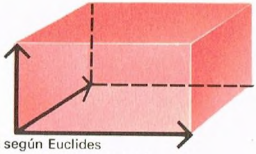
Los científicos no se sintieron obligados a describir necesariamente la realidad. Lobatchevski, partiendo del supuesto de que las líneas rectas *nunca* pueden cortarse, desarrolló una geome-



Riemann

grupos, que sienta las reglas generales de un álgebra abstracta que ni siquiera utiliza números. Riemann elaboró una geometría, partiendo de la base de que dos líneas rectas siempre habrán de cortarse si se las prolonga lo suficiente (comparar con las líneas paralelas de Euclides). Esta evolución de los conceptos matemáticos tiene una gran importancia para la física moderna.

$$\begin{vmatrix} 100 \\ 010 \\ 001 \end{vmatrix}$$



3 dimensiones según Euclides

El vasto espacio

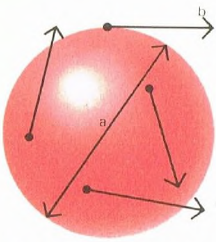
Nuestro sentido común nos indica que un objeto tiene un máximo de 3 dimensiones (longitud, latitud y altura). Todos los objetos, por tanto, deberían poder referirse a un sistema de coordenadas con tres ejes (x, y, z).
Las matemáticas resumen esto en una matriz (arriba a la izquierda) que contiene 3 números. Con una matriz de 4 números se puede describir un espacio de cuatro dimensiones y calcular sus propiedades. En la teoría restringida de la relatividad, de Einstein, el espacio tiene 4 dimensiones, siendo la cuarta el tiempo, que equivale a una distancia en el sistema ordinario. Se puede describir con matrices el movimiento de las galaxias en el vasto espacio (abajo).

$$\begin{vmatrix} 1000 \\ 0100 \\ 0010 \\ 000? \end{vmatrix}$$

4 dimensiones según los matemáticos modernos

tría; Riemann, suponiendo que las líneas rectas *siempre* se cortan, ideó otra. Ambas geometrías están tan libres de contradicción como la de Euclides. La de Lobatchevski no ha llegado a ser una elaboración matemática; la de Riemann puede utilizarse para describir un universo ilimitado y cerrado y se estima que es la que mejor se adapta a nuestro mundo.
En el álgebra cada letra representa, en general, un número. El álgebra de determinantes es una construcción abstracta parecida, con leyes especiales para la adición y la multiplicación. Tras casi un siglo, ha quedado claro que el álgebra es la herramienta matemática necesaria para describir los experimentos de la física atómica.
A partir del siglo XIX han seguido estudiándose otras aplicaciones prácticas de las matemáticas. El *cálculo de probabilidades* ha permitido satisfacer muchas de las complejas exigencias de la sociedad actual. De él ha nacido el *análisis de operaciones*, cuyos métodos son igualmente útiles para cosas tan dispares como hallar la mejor táctica en una guerra o averiguar cuál es la forma más lucrativa de vender jabón. Sin un análisis estadístico, muchos sondeos de opinión pública y experimentos científicos no tendrían ningún valor. Sólo tras este análisis puede conocerse el grado de certeza y exactitud de la investigación.





$a \cdot b - b \cdot a \neq 0$

hace las mediciones inseguras

El apretado átomo

En el álgebra abstracta de las matemáticas no se necesita que $a \cdot b = -b \cdot a$ sea igual a 0. Tal es el caso de la descripción de la posición a de un electrón y su velocidad b en un átomo, según la física moderna. Se conoce esta relación como el principio de indeterminación. El predecir la velocidad de un electrón, en un cierto momento, es siempre muy poco exacto (no se sabe nada acerca de su dirección), pese a que se conozca muy bien su situación (han de encontrarse en el pequeño átomo de diámetro a). El símbolo $\neq$ significa «distinto de».

MATERIA

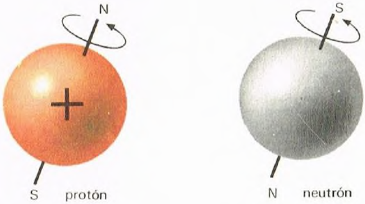
Los componentes de la materia

La idea matriz de la teoría atómica, esbozada ya por los filósofos griegos Leucipo y Demócrito, quienes presumieron que unos componentes indivisibles —átomos— constituían todas las formas de la materia, no fue aceptada, de modo general, en Europa, hasta el s. XIX. Después, el rápido desarrollo técnico del s. XX permitió estudiar experimentalmente la constitución de la materia. El resultado es la moderna *física atómica,* que casi sólo tiene en común con las enseñanzas de los "atomistas" griegos la palabra átomo.

Los componentes de la materia, *los átomos,* no son indivisibles. Les atribuimos un *núcleo* pesado, cargado positivamente, rodeado de *electrones,* partículas de carga negativa. El núcleo contiene a su vez dos clases de partículas, los *protones,* con carga positiva, y los *neutrones,* sin carga. Un átomo de carbono comprende en total 18 partículas: 6 protones, 6 neutrones y 6 electrones. Los experimentos de los últimos decenios indican además la posibilidad de que tanto los protones como los neutrones tengan una constitución complicada, con componentes propios aún sin descubrir.

La masa y el tamaño de las partículas atómicas son tan insignificantes que es muy difícil darse cuenta del valor de las siguientes cifras. Las masas de las partículas nucleares son del orden de 10^{-27} kg y el radio del átomo es de unos 10^{-10} m (la expresión $10^{-3} = 0{,}001$; 10^{-27} tiene 26 ceros después de la coma decimal). Para representarlo de un modo más comprensible podemos suponer que el átomo esté lo suficientemente ampliado como para que el núcleo interior tenga el tamaño de una naranja. La naranja, el núcleo en este caso, contiene casi toda la masa del átomo, a pesar de que la parte exterior del átomo estaría a más de 10 km de distancia del núcleo. Este ejemplo también es válido para materiales tan densos como el oro o el plomo. Los electrones actúan como pantallas efectivas que mantienen a los núcleos separados entre sí. La densidad de la materia puede ser mucho mayor que la que nos ofrecen los cuerpos terrestres. Se calcula que en ciertas estrellas puede llegar a ser hasta 100000 veces mayor que la existente en la Tierra.

En el caso de alcanzar temperaturas de varios millones de grados, las bruscas colisiones de los átomos pueden romper las capas protectoras de electrones, por cuya razón los núcleos de los átomos pueden llegar a encontrarse.



Componentes del núcleo atómico

El protón, de carga positiva, y el neutrón, sin carga, tienen aproximadamente el mismo peso (10^{-27} kg) y el mismo radio (10^{-15} m). Las flechas marcan el sentido de rotación de las partículas. La rotación es causa de que tengan propiedades magnéticas. El protón es un imán algo más potente que el neutrón. Cuando las partículas giran en el mismo sentido, la polaridad de los dos imanes tiene sentido contrario.



El núcleo atómico

Los protones y los neutrones, que conjuntamente forman los núcleos de los átomos, son también llamados nucleones (del latín nucleus). La carga positiva de los protones hace que los núcleos atómicos estén cargados positivamente. Los nucleones se mantienen unidos debido a fuerzas del núcleo. Estas son enormemente grandes, pero tienen muy poco alcance. No llegan al exterior del núcleo. Por ello nunca las apreciamos.



El electrón

El electrón es el tercer componente del átomo. Su carga negativa es numéricamente igual que la positiva del protón. Sus características magnéticas se parecen a las del neutrón, pero son mil veces más fuertes. La masa es mucho menor que la de los nucleones, únicamente 10^{-30} kg. No se ha podido medir su tamaño. Puede ser descrito como masa y carga en un punto.

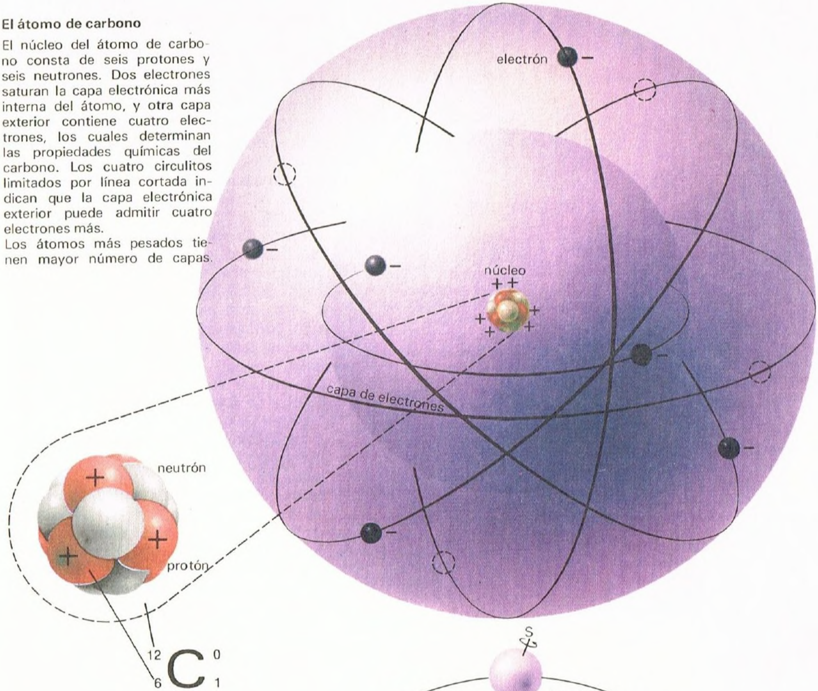


El átomo

Los protones de carga positiva del núcleo atómico retienen cada uno su correspondiente electrón. El radio del átomo, alrededor de 10^{-10} m, es determinado por la posición de los electrones. La figura de la izquierda muestra un modelo sencillo de un átomo de hidrógeno con un electrón que gira alrededor de un protón. La figura de la derecha muestra un modelo perfeccionado de átomo en el que el electrón cambia de lugar continuamente. Con mayor frecuencia se encuentra en la parte más oscurecida.

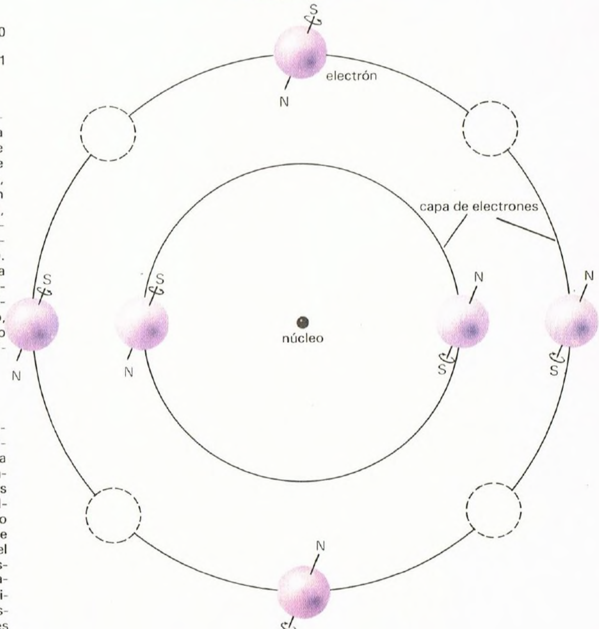
El átomo de carbono

El núcleo del átomo de carbono consta de seis protones y seis neutrones. Dos electrones saturan la capa electrónica más interna del átomo, y otra capa exterior contiene cuatro electrones, los cuales determinan las propiedades químicas del carbono. Los cuatro circulitos limitados por línea cortada indican que la capa electrónica exterior puede admitir cuatro electrones más.
Los átomos más pesados tienen mayor número de capas.



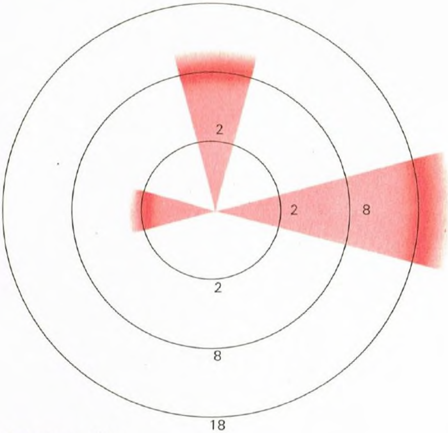
Formulación

La letra C es el símbolo utilizado para el carbono. La cifra en la parte inferior derecha de la letra indica el número de átomos, y la superior derecha, la carga del átomo. Si falta un electrón se produce carga + 1, si hay un electrón extra la carga será − 1. El átomo representado en la figura es neutro (0). En la parte superior izquierda de la letra se escribe el «número de masa», es decir el número de nucleones del núcleo, y en la parte inferior, el número de protones, «número atómico».



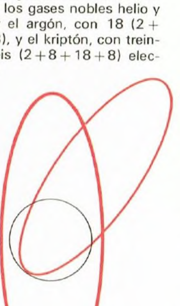
Modelo atómico de Bohr

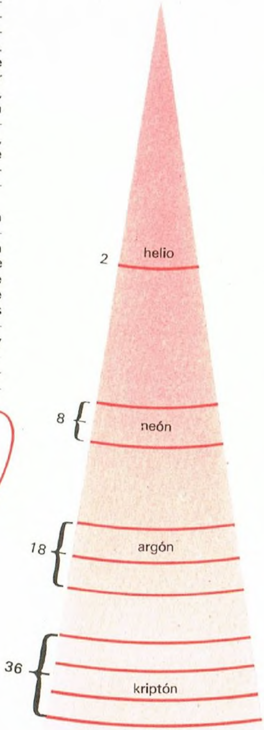
El físico danés Niels Bohr propuso en el año 1915 un modelo atómico simplificado. Cada átomo es un sistema planetario en miniatura. Los electrones giran en órbitas circulares alrededor de un núcleo pequeño pero pesado. Los electrones que giran a la misma distancia del núcleo se encuentran en la misma capa. La capa interna da cabida a dos electrones, la siguiente a ocho. La figura muestra las órbitas de los electrones en un átomo de carbono.



Los gases nobles

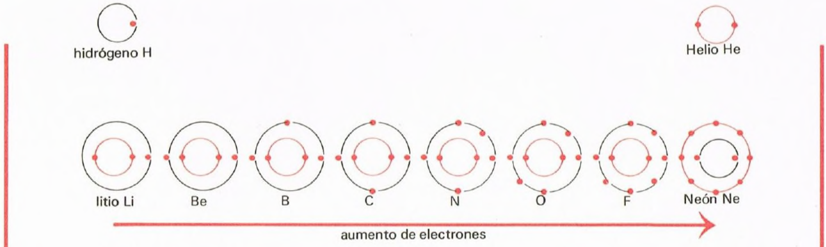
Cada capa, en el modelo de Bohr, admite un número determinado de electrones. Los átomos con capas llenas no participan en reacciones químicas. Ejemplo: los gases nobles. La figura superior muestra que la primera capa puede recibir dos electrones y la segunda, ocho. El helio y el neón son gases nobles cuyos átomos tienen 2 y 10 (2 + 8) electrones, respectivamente. El siguiente gas noble debería tener veintiocho (2 + 8 + 18) pero este átomo forma el metal níquel.
Cuando los electrones pueden moverse en órbitas elípticas (órbitas rojas inferiores), se tienen entonces varias capas (figura de la derecha), pero únicamente se puede formar un gas noble cuando la distancia entre dos capas es grande. El nuevo modelo da los gases nobles helio y neón, y el argón, con 18 (2 + + 8 + 8), y el kriptón, con treinta y seis (2 + 8 + 18 + 8) electrones.

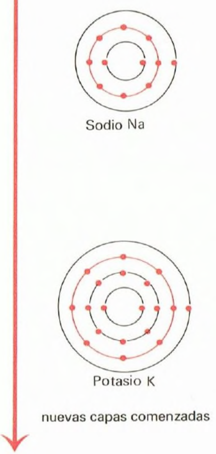


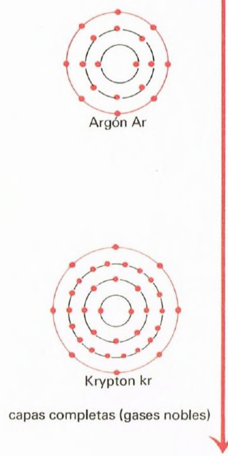


El sistema periódico

Los alquimistas de la Edad Media, al tratar de obtener oro, sentaron las bases de una nueva ciencia, la *química*. Para el francés *Lavoisier* —siglo XVIII— los métodos químicos debían utilizarse para dividir la materia en tantos componentes como fuera posible. De este modo se podrían aislar los elementos químicos, o sustancias elementales de la materia.
Pronto se encontraron unas sustancias que no permitían su división en componentes más simples. El inglés John Dalton investigó, a principios del s. XIX, una serie de fenómenos que sólo podían ser explicados si se admitía que cada sustancia elemental contenía cierta cantidad de partículas iguales. La vieja teoría atómica griega de más de dos mil años recibió entonces el primer apoyo experimental.
Rápidamente los químicos encontraron la mayor parte de las sustancias elementales de la Tierra y determinaron sus pesos atómicos. Cada elemento recibió un símbolo con letras y se ordenaron en tablas según sus pesos atómicos.
El químico ruso *Mendelejev* publicó, alrededor del año 1860, una tabla, el *sistema periódico*, en la que ordenó los elementos de características parecidas en columnas, de acuerdo con sus pesos atómicos crecientes, dándose la circunstancia notable de que los elementos situados en una misma fila estaban ordenados también según su peso atómico. La tabla de Mendelejev tenía muchos huecos, debido a que no se conocían todos los elementos. Sin embargo, las similitudes en características se repetían con periodicidad. Entonces se comenzaron a buscar los elementos que pudieran llenar los vacíos. La búsqueda se podía llevar de un modo efectivo debido a que la tabla daba tanto el peso atómico como las características químicas. Se encontraron muchos elementos que respondían a lo anterior, pero también aparecieron otros que no encuadraban en el sistema.
La razón de la periodicidad de las propiedades químicas se averiguó cuando se pudo estudiar detalladamente la constitución de los átomos. Se descubrió que los electrones se agrupan en capas alrededor del núcleo, cada una de las cuales da cabida a una cantidad determinada de electrones, en general ocho unidades, y que los elementos que poseían la misma cantidad de electrones en la capa externa tenían las mismas propiedades químicas. Cuando la capa externa está completa el elemento posee una particular estabilidad química, y cuando se completa la capa siguiente se repite dicha propiedad.



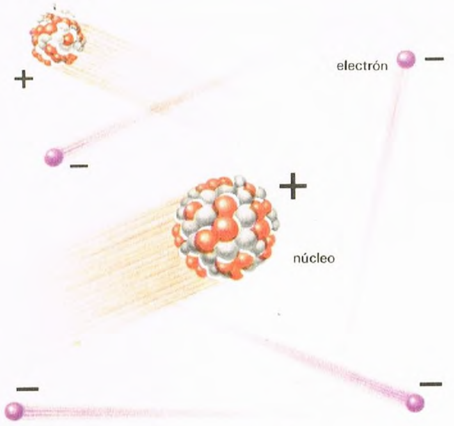




El sistema periódico

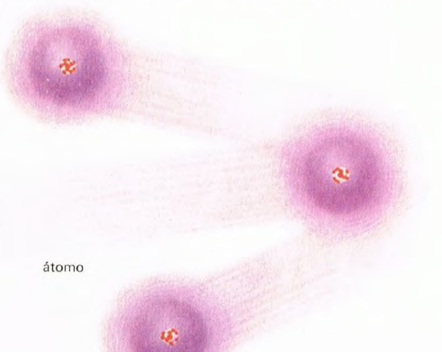
El sistema periódico es una tabla de los elementos en la que cada uno de ellos está simbolizado por una o dos letras (abajo). La H representa el hidrógeno, He el helio, etc. Todos los elementos de una misma columna tienen características químicas similares. La primera columna de la derecha contiene los gases nobles. Los puntos rojos de las órbitas muestran cómo están ocupadas las capas electrónicas de los átomos. La primera capa puede contener dos; la segunda, ocho, y la tercera, dieciocho (columna de la derecha). Las semejanzas entre distintos elementos se repiten periódicamente, pudiéndose dar a este hecho una explicación sencilla. Las propiedades químicas de un elemento son consecuencia de la constitución de sus átomos. Los elementos de una columna poseen las mismas características debido a que todos ellos tienen o carecen del mismo número de electrones en su capa más externa. Los elementos de las dos hileras inferiores se asemejan entre sí por tener todos el mismo número de electrones en su capa externa. Las diferencias entre ellos están en las capas internas.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	E	Fm	Md	No	Lw



Plasma

Las temperaturas elevadas producen movimientos bruscos en los átomos. Cuando se alcanza el millón de grados, los átomos chocan con tal fuerza que los electrones de los elementos más ligeros se separan de sus núcleos. Incluso los núcleos más pesados pierden, a mil millones de grados, todos sus electrones. Los átomos ya no existen, formándose un plasma de núcleos con carga positiva y electrones con carga negativa. Tales son las condiciones en el interior de las estrellas. Nuestro planeta se ha originado probablemente a partir de materia en forma de plasma. Las características del plasma se estudian en muchos laboratorios. Si el hombre consigue producir y controlar el plasma, conseguirá imitar la producción de energía en las estrellas.



Gas

En un gas, los átomos solos o los pequeños grupos de átomos, las moléculas, se mueven con gran libertad. Todas las sustancias pueden encontrarse en forma gaseosa. Cuando la temperatura aumenta, la materia sólida se transforma, más pronto o más tarde, en gas, por los choques cada vez más bruscos entre los átomos. La capa electrónica de los átomos del gas noble helio está saturada. Un movimiento calorimétrico insignificante es suficiente para vencer las débiles fuerzas que unen a los átomos. El helio continuará siendo gas hasta temperaturas inferiores a − 270° C. El metal wolframio posee pocos electrones en su capa externa. Sus átomos tienden a estar unidos entre sí para llenar los espacios vacíos con electrones prestados. El wolframio no se gasifica fácilmente; sólo cuando la temperatura alcanza los 5 000° C.

Los distintos estados de la materia

Los átomos que no tienen la corteza saturada se reúnen a menudo formando pequeños grupos, y constituyen las *moléculas*. Una molécula puede constar únicamente de dos átomos, pero también existen moléculas gigantes con miles de átomos.

Las fuerzas ordenadoras son contrarrestadas por un *movimiento térmico* desordenado. El mercurio de un termómetro aumenta de volumen, de modo que la columna se eleva cuando los átomos se mueven con mayor velocidad. Con el termómetro medimos el movimiento térmico de átomos y moléculas y lo llamamos temperatura.

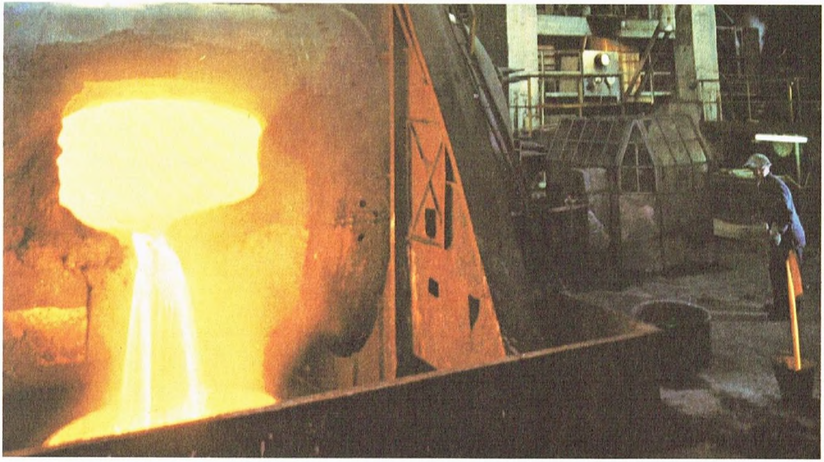
La materia cambia de estado, pasando de forma sólida a líquida o gaseosa, según las fuerzas ordenadoras vayan cediendo en la lucha contra el movimiento térmico. El aire, en proceso de enfriamiento, se convierte primero en líquido, y si la temperatura disminuye aún más, se solidifica. La piedra preciosa diamante, el material más duro de nuestro planeta, se transforma en gas de átomos de carbono libres si la temperatura alcanza varios miles de grados.

En un *gas,* las moléculas tienen siempre gran libertad de movimiento. Las fuerzas de atracción ordenadoras son demasiado débiles para poder conservar unidas las moléculas.

En un *líquido,* las moléculas pueden moverse con bastante libertad. No obstante, las fuerzas de atracción son lo suficientemente fuertes como para que las moléculas raramente se desprendan del líquido. Justamente cuando llegan a la superficie, el resto de las moléculas coopera para retenerlas, aunque algunas de ellas consiguen huir y los líquidos se evaporan.

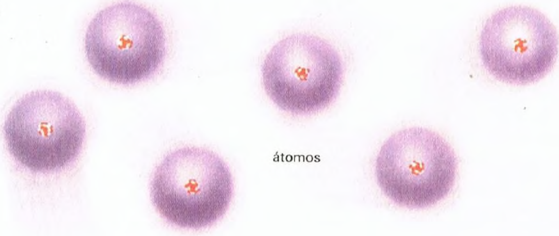
En una *sustancia sólida,* los átomos suelen estar fijos en lugares determinados, como los nudos de una red. Sin embargo el movimiento producido por el calor no queda totalmente eliminado ya que los átomos vibran. Entre las formas sólidas y líquidas existen otras intermedias. El vidrio puede asemejarse a un líquido de gran viscosidad.

A temperaturas muy altas, los átomos colisionan entre sí tan bruscamente que parte de sus electrones se desprenden y se forma el *plasma*, restos de átomos con carga positiva, iones, y electrones. En el interior de una estrella la temperatura es tan alta que se supone que los núcleos carecen de capa protectora de electrones. Las características de la materia en este cuarto estado, plasma, formado por partículas con carga eléctrica y de libre movimiento, no son bien conocidas.



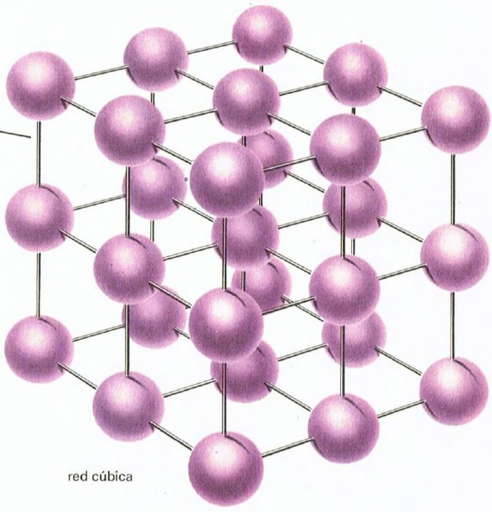
Materia líquida

En los hornos de fusión se purifican metales cuyos puntos de fusión son elevados. En los hornos de fusión de las acerías lo más importante es que se produzcan fácilmente nuevas combinaciones químicas en la materia líquida. Los átomos están tan juntos que sus capas de electrones se presionan, pero pueden moverse con bastante libertad. La movilidad es causa de que átomos de distinta clase puedan encontrarse y juntarse. Sin embargo la temperatura no debe superar ciertos límites.



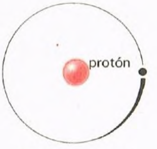


estructura del cobre

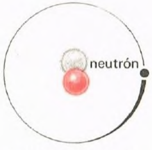


Materia sólida

En la materia sólida los átomos han perdido su libertad. Frecuentemente están fijos en una estructura similar a la de una red. La estructura del cobre de la figura superior está constituida por una serie de pequeños cubos con un átomo en cada vértice. Los átomos vibran alrededor de sus posiciones de equilibrio en los vértices del cubo. El vidrio normal es un líquido. En las viejas ventanas, el vidrio, a menudo, se ha deslizado hacia la parte inferior, aumentando el grosor del mismo.



hidrógeno normal

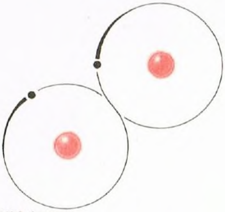


hidrógeno (deuterio)



hidrógeno (tritio)





Hidrógeno

A la capa electrónica del átomo de hidrógeno le falta un electrón. En la molécula de gas de hidrógeno, dos átomos pueden prestarse sus electrones. El hidrógeno y el oxígeno se combinan con violencia, formando agua.



Helio

El átomo de helio tiene la capa de electrones completa. No toma prestado ningún electrón y por ello no forma molécula. El gas helio no es explosivo.



Litio

Los tres protones del núcleo sujetan a tres electrones. El litio es un metal que se oxida tan fácilmente en el aire que debe ser almacenado en petróleo refinado (a la derecha).

Agua y agua pesada

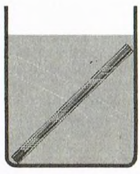
Muchos elementos tienen varios isótopos, átomos con el mismo número de protones pero distinto número de neutrones. De los átomos de hidrógeno que forman parte del agua normal, uno de cada seis mil tiene un neutrón en el núcleo. El agua que contiene el isótopo pesado, deuterio, se denomina agua pesada. El tritio es un tercer isótopo del hidrógeno y se forma, por la radiación cósmica, en la parte superior de la atmósfera. Los átomos de tritio, con dos neutrones, son radiactivos. Lo cual implica que el isótopo más pesado del hidrógeno es peligroso.



globo de gas hidrógeno



globo de gas helio



barra de litio



Transformación de la materia

La materia tiene su masa concentrada en los protones y los neutrones del núcleo atómico. Las restantes características de la materia dependen de cómo se relacionan los electrones con los protones del núcleo. El comportamiento de los átomos con relación al medio que los rodea es "decidido" por sus capas de electrones.

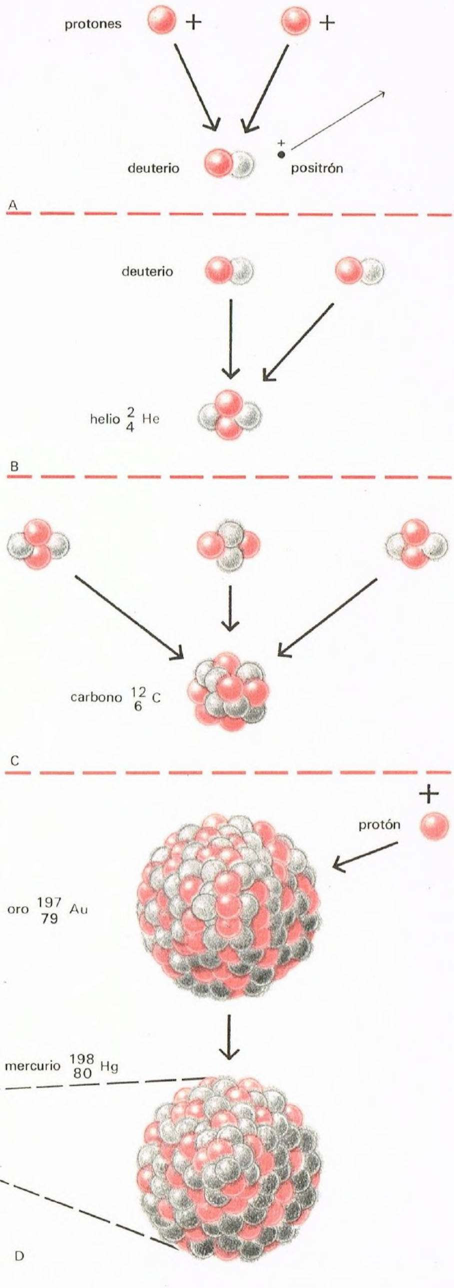
Un elemento básico puede constar de varios átomos de distintos pesos. Los átomos que pertenecen al mismo elemento pero tienen distinto peso se llaman *isótopos*. Sus núcleos contienen siempre la misma cantidad de protones pero el número de neutrones puede ser distinto. Hay muy pocos elementos, entre ellos el oro, que estén constituidos por un solo isótopo.

Los *átomos ligeros* tales como el *hidrógeno, litio* y *carbono* poseen aproximadamente igual número de protones que de neutrones. Los *átomos pesados* tienen siempre muchos más neutrones que protones. Un núcleo pesado con muchos protones precisa, para no ser dividido por las grandes fuerzas eléctricas, más neutrones de fijación que los núcleos ligeros.

Las figuras A y B de la derecha muestran los dos primeros pasos de la *transformación de la materia, que ocurre en el interior del Sol*. A temperaturas de aproximadamente 15 millones de grados, los protones se mueven a gran velocidad y chocan a menudo. En una millonésima de segundo, un protón puede tener miles de millones de colisiones. A pesar de ello deben transcurrir más de mil años para que un protón incida tan directamente sobre otro protón que las fuerzas nucleares puedan permitirse la unión de ambos. Después

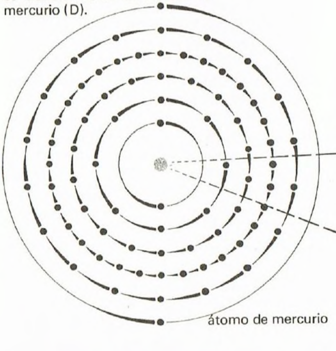
de un breve encuentro son forzados, por la repulsión eléctrica, a separarse de nuevo. Sin embargo una vez de cada millón de encuentros puede ocurrir que el protón se transforme en neutrón. Entonces la repulsión eléctrica desaparece y las dos partículas forman el deuterio o isótopo de hidrógeno. Los núcleos de hidrógeno pesado originan después fácilmente núcleos de helio. El hidrógeno del Sol se quema lentamente,por lo que éste ha producido energía durante varios miles de millones de años.

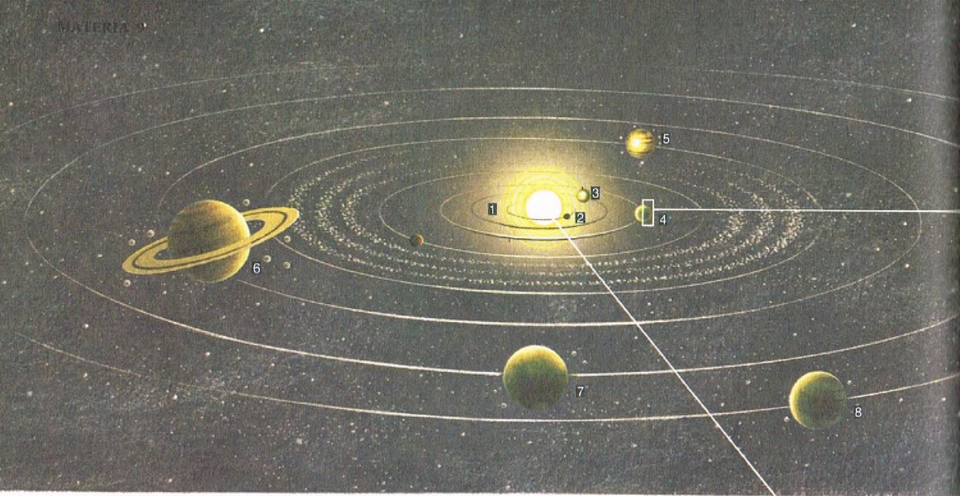
En un acelerador de partículas se puede dar a los protones la energía cinética necesaria para superar las fuerzas de repulsión del núcleo del oro: el oro se transforma en mercurio. De este modo se han producido muchos elementos que anteriormente no existían en la Tierra. Las transformaciones energéticas del Sol se han comparado con las explosiones de bombas de hidrógeno que se producen en una fracción de segundo, pero no disponemos de ningún sistema que corresponda a la lenta combustión de hidrógeno en el Sol.



Los elementos se transforman

Las cargas del mismo signo de los protones son causa de que éstos se repelan. Unicamente en el caso de una colisión brusca, pueden llegar tan cerca que las fuerzas de los núcleos puedan retenerlos. Pero tampoco estas fuerzas pueden retener dos protones más que un breve instante. En tales choques (figura A), una vez de cada millón, se transforma uno de los protones en un neutrón, al ser expelida su carga en forma de partícula de carga positiva, positrón. El protón y el nuevo neutrón forman un isótopo de hidrógeno, el deuterio. Sus núcleos se combinan fácilmente constituyendo el helio (B). Tres núcleos de helio originan un núcleo de carbono (C). El núcleo de oro que recibe un protón se transforma en un núcleo de mercurio (D).





1 Sol
2 Mercurio
3 Venus
4 Tierra
5 Júpiter
6 Saturno
7 Urano
8 Neptuno

El universo

Las observaciones del hombre en el universo indican que éste, hasta donde se ha podido estudiar, está lleno de soles y «nubes de polvo». En los soles incandescentes surgen nuevos elementos, los núcleos ligeros se combinan y constituyen otros más pesados. Las «nubes de polvo» se reúnen y forman nuevos soles y nuevos planetas.

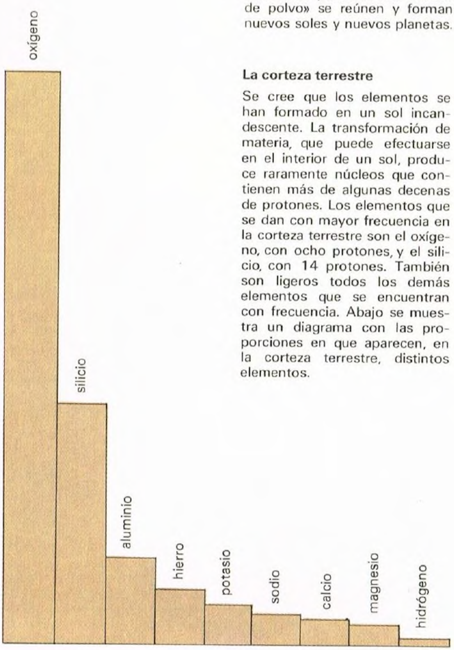
El Sol

En el interior del Sol la temperatura es de unos 15 millones de grados. Su materia es un plasma de hidrógeno cuyos núcleos chocan entre sí y forman núcleos de helio. La transformación de hidrógeno en helio libera grandes cantidades de energía.



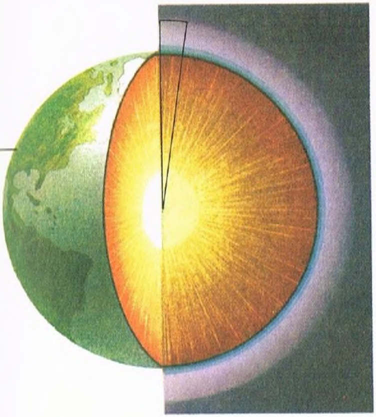
La corteza terrestre

Se cree que los elementos se han formado en un sol incandescente. La transformación de materia, que puede efectuarse en el interior de un sol, produce raramente núcleos que contienen más de algunas decenas de protones. Los elementos que se dan con mayor frecuencia en la corteza terrestre son el oxígeno, con ocho protones, y el silicio, con 14 protones. También son ligeros todos los demás elementos que se encuentran con frecuencia. Abajo se muestra un diagrama con las proporciones en que aparecen, en la corteza terrestre, distintos elementos.



Formación de la materia

Nuestro Sol es una de las muchas estrellas del universo. Pertenece a la galaxia Vía Láctea, que es un conjunto de más de cien mil millones de estrellas. Existe un número incalculable de galaxias. Se ignora cómo se ha formado esta enorme cantidad de materia. Cabe la posibilidad de que protones y neutrones se atrajeran entre sí, mediante la fuerza de la gravitación, adquiriendo consistencia hasta formar una estrella. Fue tan grande el calor desprendido al frenarse el movimiento de las partículas en el interior de la estrella, que dichas partículas pudieron juntarse para formar los elementos. Las estrellas antiguas estallan y arrojan al espacio los elementos formados. La naturaleza de los elementos producidos dependerá del tamaño de la estrella y del tiempo que haya durado la transformación. Una estrella grande se pondrá más caliente y arrojará sustancias más pesadas que una estrella pequeña. Pasa mucho tiempo antes de que los nuevos núcleos atómicos puedan apresar electrones y se conviertan en átomos neutros. La materia forma una nube de plasma que puede ser atraída al campo de gravitación de la estrella, pero sin llegar a tomar contacto con su superficie. El campo magnético de la



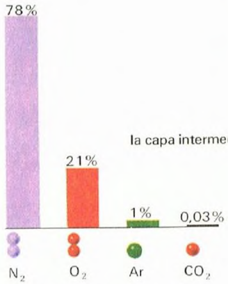
La Tierra

La temperatura en el interior de la Tierra es de varios miles de grados. A esta «baja» temperatura no se efectúa ninguna transformación de materia que pueda dar energía y calentar la superficie terrestre. Las radiaciones solares sí que suministran energía a la Tierra, y sin aquélla desaparecería la vida terrestre.

estrella detiene las partículas cargadas y las obliga a permanecer en un circuito en el que, debido a la gravitación, se reúnen formando un planeta.

La *Tierra* tiene una corteza sólida de elementos ligeros. La distancia desde la superficie a su centro geométrico es de unos 6 400 km. Las perforaciones sólo han alcanzado unos pocos kilómetros. La lava arrojada en las erupciones volcánicas muestra la composición de la parte líquida superior de la capa intermedia. Los movimientos sísmicos nos han dado información del estado y densidad de la materia en el interior del globo. Los elementos en la Tierra se dan en unas proporciones que indican la posibilidad de proceder de estrellas ya apagadas. Hannes Alfvén ha mostrado que el tamaño de los planetas y su distancia al Sol puede muy bien ser interpretado como el resultado de un equilibrio entre la gravitación, que trata de atraer una nube de plasma al interior ardiente del Sol, y el magnetismo, que la ha mantenido a distancia fija.

Existe la posibilidad de que algún planeta de otra estrella pueda tener la composición, atmósfera y temperatura de la Tierra. Nuestra galaxia, la Via Lactea, alberga casi mil millones de planetas parecidos al nuestro.



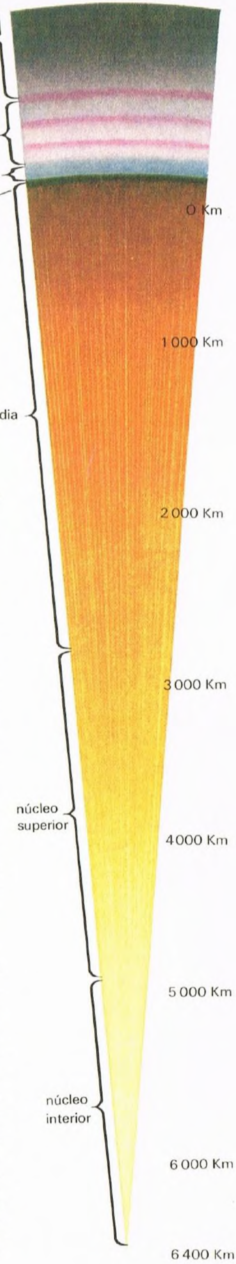
constitución de la homosfera

La atmósfera

La atmósfera es una extensa capa de gas que rodea a la Tierra. Su parte más inferior, la homosfera, constituye el ambiente del hombre. La vida ha podido desarrollarse gracias al nitrógeno y al oxígeno del aire. Más arriba, en la ionosfera, las radiaciones del espacio destruyen las moléculas gaseosas y son causa de que los electrones se desprendan de los átomos. La atmósfera nos protege de las radiaciones peligrosas del Sol y de partículas arrojadas desde la superficie solar. Los restos del hidrógeno de la exosfera pasan a formar parte de los protones del espacio.

El interior de la Tierra

La corteza terrestre constituye nuestro suelo firme y tiene únicamente varias decenas de kilómetros de espesor. Bajo ésta se encuentra la capa intermedia en la que la materia también se ha solidificado, pero sin llegar a tener la consistencia de la corteza terrestre. La capa externa de la Tierra reposa en la intermedia como sobre una almohada elástica. La parte exterior del núcleo, bajo la capa intermedia, consta exclusivamente de materia líquida. A unos 5 000 kilómetros de profundidad pasa a constituir el núcleo interior que posiblemente contiene, en forma sólida o líquida, los metales hierro y níquel.







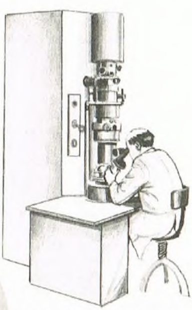
microscopio normal





bacterias





microscopio electrónico



La longitud de onda de luz

La longitud de la bacteria de la figura inferior derecha es aproximadamente la misma que la de una onda de luz (distancia entre dos crestas de onda). Un microscopio normal no puede reflejar detalles menores que la longitud de onda de la luz, es decir, aproximadamente 0,0005 mm. En el microscopio las bacterias se ven únicamente como manchas redondas y oscuras (figura superior). Para poder conseguir una imagen más clara y detallada se precisa una longitud de onda más corta.

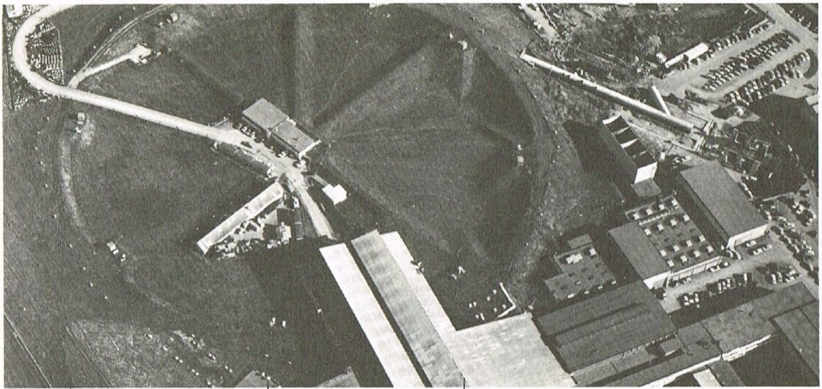
Ondas electrónicas

Los electrones en movimiento tienen características ondulares. Su longitud de onda puede fácilmente hacerse más de mil veces más corta que la longitud de onda de luz. Por ello los electrones del microscopio electrónico pueden producir una imagen más clara (abajo) de una bacteria que un microscopio normal. La experiencia ha demostrado que los protones, los neutrones e incluso los átomos pueden actuar como si fueran ondas.

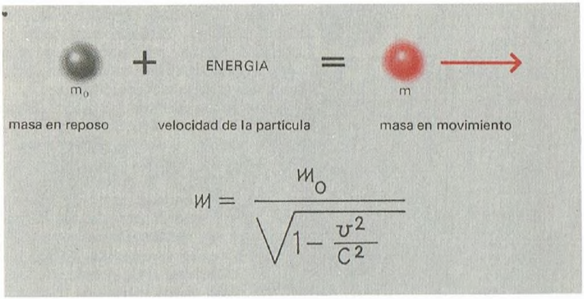
La materia en movimiento

A mediados del siglo XX, varios experimentos demostraron que las ondas de la luz estaban formadas por pequeños paquetes energéticos, los *fotones,* que no podían diferenciarse de las partículas. También se descubrió que las partículas, al igual que los electrones, podían tener las características de una onda. Se midió la longitud de onda de las partículas y se calculó su frecuencia. Las partículas menores que la longitud de onda de la luz, es decir, aproximadamente 0,0005 mm, no pueden ser estudiadas en un microscopio normal. En el microscopio electrónico la longitud de onda de los electrones establece el límite de su poder separador. La longitud de onda disminuye cuando la velocidad de los electrones aumenta. La tensión de una pila de linterna normal basta para dar a los electrones una velocidad a la que su longitud de onda es una milésima de la luminosa. También es suficiente para que muchos virus productores de enfermedades puedan ser visibles en el microscopio. Se han construido aceleradores electrónicos, que aumentan la velocidad de los electrones hasta que la longitud de las ondas disminuye a más de la diez mil millonésima parte de la longitud de onda de la luz. Ello ha permitido estudiar la constitución de las partículas del núcleo.

En el enorme *acelerador de partículas,* arriba a la derecha, los protones recorren repetidamente un circuito de 100 m de radio y son acelerados por sucesivos impulsos eléctricos. Al aumentar la energía cinética de los protones, aumenta también su masa, lo que limita la energía máxima que pueden adquirir. Cuando la velocidad de un protón se aproxima a la de la luz, su masa se ha doblado, y la energía que después se le comunica no aumenta notablemente su velocidad, pero sí su masa, de manera que cuando los protones salen del acelerador tienen aproximadamente una masa 30 veces mayor que cuando permanecen en reposo. La materia no puede nunca desplazarse a igual velocidad que la luz. Cuando los protones ricos en energía chocan con otras partículas nucleares se forman a menudo partículas completamente nuevas. La energía cinética de los protones se convierte en nuevas formas de materia, la cual rápidamente se transforma en radiación electromagnética y en los elementos estables que constituyen nuestra materia. Con detectores efectivos tales como la *cámara de centelleo* se pueden estudiar los nuevos fragmentos de materia de corta duración. Se sigue su movimiento y se determina su carga eléctrica y masa.



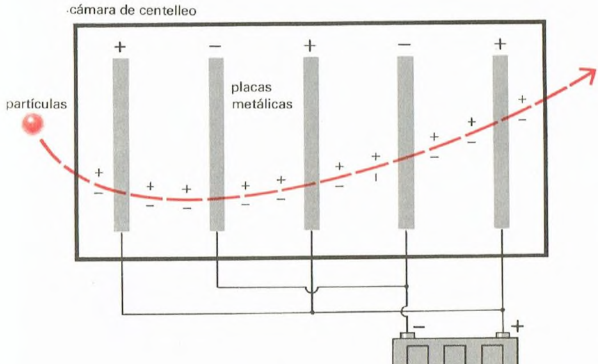




$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

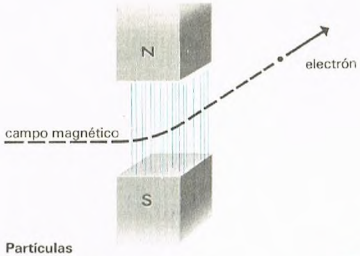
Masa y movimiento

Cuando una partícula se pone en movimiento adquiere energía cinética. Entonces aumenta también su masa. La ecuación de la izquierda muestra cómo se calcula la masa m (cuando la partícula se mueve con la velocidad v), si la masa es m_0 cuando la partícula está en reposo. La letra c indica la velocidad de la luz, 300 000 km por segundo.
Una partícula no puede moverse a la velocidad de la luz. Si lo hiciera, su masa sería infinitamente grande y el aumento de masa habría precisado una cantidad infinita de energía.
Las elevaciones en forma circular de la vista aérea superior forman el contorno de un acelerador de partículas. Esta máquina puede aumentar la velocidad de los protones hasta que el peso de éstos sea 30 veces mayor.



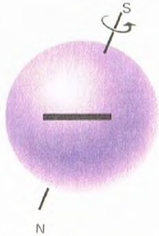
La cámara de centelleo

Los protones salen del acelerador de partículas (figura superior) con una velocidad que se aproxima a la de la luz. Este desplazamiento tan rápido es a menudo obstaculizado por un brusco choque, en un núcleo atómico, con un nucleón. La energía de movimiento se transforma entonces en partículas nuevas y desconocidas antes de la utilización del acelerador de partículas. La cámara de centelleo es uno de los instrumentos que se han desarrollado para el estudio de las nuevas partículas elementales. La cámara contiene un gas noble a alta presión, y una serie de placas metálicas paralelas conectadas a una fuente de tensión. Una partícula cargada, que recién formada se desplaza a gran velocidad a través del gas, deja tras de sí un rastro invisible de electrones separados (−) y átomos ionizados (+).



Partículas

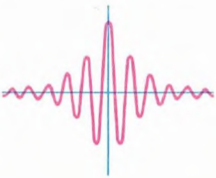
Los electrones que se desplazan, a gran velocidad, a través de un campo magnético, se comportan como materia sólida. Su curso puede ser calculado por las leyes del movimiento de una partícula. Los protones y los neutrones se comportan también como partículas en muchos experimentos. Sin embargo cuando se encuentran en un átomo no se comportan como tales partículas (a la derecha), sino que adquieren las mismas características que las ondas (abajo).



el electrón como partícula

Ondas

Una cuerda tensa y en vibración transmite siempre el mismo tono; la energía de vibración está almacenada en ondas, cuya longitud es determinada por la de la cuerda. La fricción en la cuerda tensa hace que las ondas pierdan su energía con rapidez. La longitud de onda en las ondas de materia del átomo se determina por el tamaño del núcleo y del átomo. Su energía de vibración no disminuye ni por la fricción ni por la radiación.

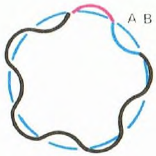


el electrón como onda



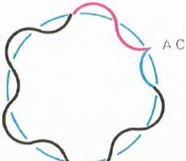
Una onda perdurable

En una cuerda tensa que vibra con un tono concomitante puro, parte de los puntos permanecen en reposo. Entre ellos vibra la cuerda desde una posición extrema a otra (líneas de puntos y continua de arriba). Las vibraciones no son afectadas cuando la cuerda se dobla hasta formar un círculo. Si los extremos de la cuerda A y B se unen, el punto AB continúa estando en reposo.



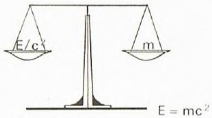
Una onda sin duración

Si se aumenta la longitud de la cuerda hasta C, se da cabida a una semionda más. Cuando los puntos A y C se unen, dos semiondas quedan una contra la otra, y el punto AC no puede pararse. El modelo atómico de Bohr muestra que los electrones sólo se encuentran en las órbitas circulares que dan cabida a la misma cantidad de crestas y valles de las ondas de la materia.



Partículas, ondas y energía

El modelo atómico de Niels Bohr describió el átomo como un sistema planetario pequeño: En el átomo de hidrógeno, un solo electrón (planeta) gira, en órbitas determinadas, alrededor de un núcleo pesado (sol). Ambos, el electrón y el núcleo, fueron considerados como partículas simples.
Se averiguó que el electrón del átomo de hidrógeno se movía siempre en órbitas circulares tales que la periferia podía ser dividida en un número fijo de longitudes de onda; el átomo se concibió como *ondas electrónicas* que giraban alrededor de una partícula, el núcleo atómico. La física moderna describe también, con ayuda de ondas, el movimiento de los nucleones en el núcleo. Esta descripción nos hace ver el átomo como una acumulación de *ondas de materia* entrecruzadas y vibrantes. Una onda contiene siempre energía. La energía de vibración de las ondas de materia es la energía que se encuentra almacenada en la materia. Debido a que el núcleo atómico contiene casi toda la masa del átomo, las vibraciones más ricas en energía se encuentran bien protegidas en el centro del átomo.
Al juntarse los átomos y entrecruzarse las ondas de sus electrones se forma materia visible. Cuando dichas ondas se interfieren, cambia su oscilación, con lo que cambia la masa de los átomos, transformándose parte de ella en alguna otra forma de *energía.* En el fuego se unen los átomos de carbono y de oxígeno. Cuando se queman 20000 toneladas de carbón, únicamente un gramo de la masa de los átomos se transforma en energía. Todas las *reacciones* químicas son de este tipo, es decir, el intercambio de energía es en ellas debido a un cambio en las oscilaciones de las ondas de los electrones, los cuales son relativamente pobres en energía. El intercambio de energía es mucho mayor en las *reacciones nucleares,* debido que el núcleo contiene casi toda la energía del átomo. Al efectuarse la combustión de los núcleos atómicos en el interior del Sol, o en la explosión de una bomba atómica, las ondas de materia de los nucleones se entrelazan formando nuevos modelos de átomos cuyas ondas de materia tienen un menor número de oscilaciones. La transformación de masa en energía en las reacciones nucleares es más de un millón de veces mayor que en las reacciones químicas. Aun en el mejor de los casos nunca se transforma más de una milésima de la masa de la materia. El resto permanece invariable en las partículas elementales indestructibles, los protones y los electrones.

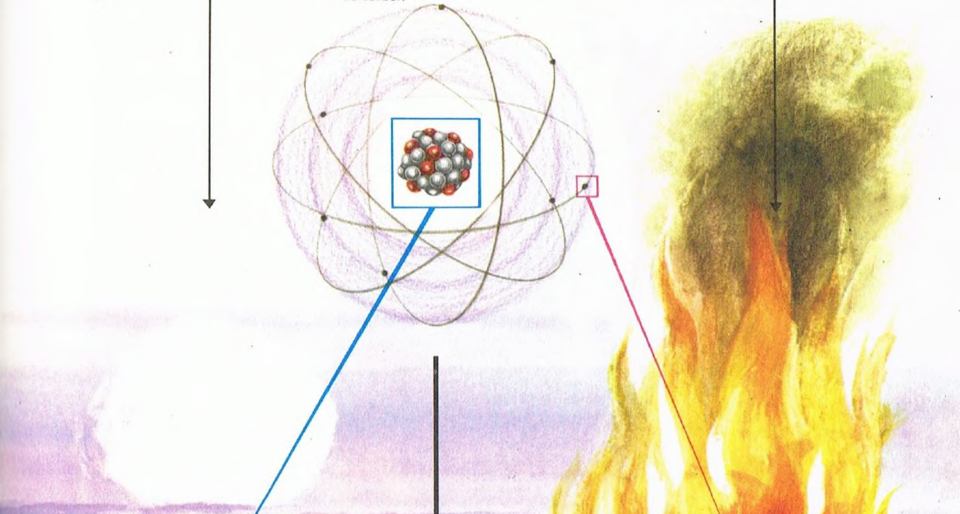


Masa (peso) y energía

En el año 1905, Einstein demostró con su famosa ecuación $E = mc^2$ que la masa es una forma de energía. La masa de la materia está concentrada en los núcleos de los átomos. La explosión de una bomba atómica libera enorme cantidad de energía, debido a que las reacciones nucleares transforman los componentes más pesados de la materia, los cuales son también los más ricos en energía.



la masa de 1 gramo puede corresponder a 20000 toneladas de carbón



reacción nuclear

reacción química

La materia produce energía

Cuando los núcleos ligeros se combinan y se dividen los núcleos más pesados, parte de su masa se transforma en energía. La materia remanente después de las reacciones nucleares pesa menos que la materia existente en un principio. La disminución de peso es pequeña pero podría ser registrada en una balanza sensible.

Las reacciones químicas transforman también masa en energía, pero la disminución de peso es demasiado pequeña para poder ser registrada. Para la combustión de 20000 toneladas de carbón se precisan aproximadamente 40000 toneladas de oxígeno. Se calcula que únicamente un gramo de las 60000 toneladas se transforma en energía calorífica.

Actualmente la transformación de materia en los reactores atómicos constituye una contribución importante a nuestro consumo de energía. Según se van agotando las reservas de la naturaleza en carbón y petróleo, aumenta la importancia de la energía nuclear. Si el hombre puede aprender a controlar la combustión de los núcleos de hidrógeno, el agua del mar se convertirá en una fuente de energía prácticamente inagotable.



protón



antiprotón

El protón y el antiprotón

Una partícula con carga positiva que gira hacia la derecha (protón) forma un imán con el polo norte en la parte superior. Una partícula con carga negativa que gira hacia la izquierda (antiprotón) forma un imán semejante. Si se coloca un espejo entre las dos figuras superiores se observa la imagen del protón que gira hacia la izquierda a pesar de que el polo norte del imán todavía está en la parte superior. La imagen reflejada del protón positivo tiene las mismas características magnéticas que una partícula con carga negativa. La imagen reflejada cambia la derecha por la izquierda y la carga positiva por la negativa.
El antiprotón de la figura de la derecha es una copia exacta de la imagen reflejada del protón. Las antipartículas son siempre imágenes reflejadas de las partículas.



neutrón



antineutrón

El neutrón y el antineutrón

La imagen reflejada del neutrón sin carga es también eléctricamente neutra. El neutrón gira hacia la izquierda, alrededor de la dirección norte-sur del imán; el antineutrón debe girar hacia la derecha.
En un acelerador de partículas moderno, la energía de movimiento puede ser transformada en un par partícula-antipartícula. Cada vez que, por medio de energía, se crea uno de los componentes de la antimateria, se produce la partícula correspondiente de materia terrestre. La primera partícula nuclear de antimateria, un antiprotón, fue producida en 1954 en la universidad de Berkeley. Diez años más tarde se dio el primer paso para la producción de antinúcleos compuestos, creando y efectuando la composición de un antineutrón y un antiprotón, obteniéndose un núcleo de antideuterio.



electrón



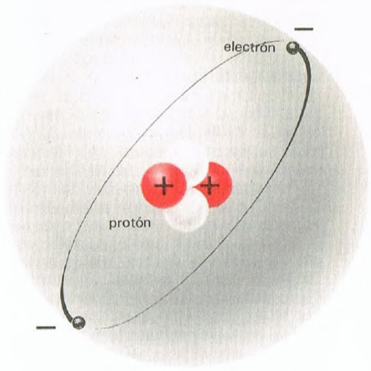
antielectrón (positrón)

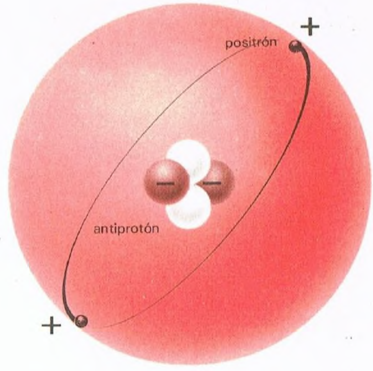
El electrón y el antielectrón

Al llegar a la corteza terrestre, las radiaciones cósmicas contienen las antipartículas de los electrones, los positrones. La radiación electromagnética del espacio, rica en energía, se transforma en lluvia de pares electrones-positrones, al ser detenida en la atmósfera.
En el mundo reflejado, los positrones juegan el mismo papel que los electrones en nuestro mundo. Las capas de positrones más externas de los antiátomos deciden las propiedades químicas de la antimateria. En un metal de antimateria los positrones son los conductores.

Materia y antimateria

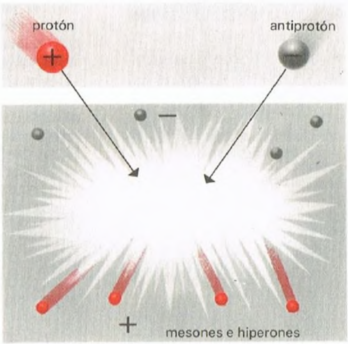
En el año 1928 el inglés Paul Dirac descubrió una ecuación que describía, con exactitud, las características de los electrones. Su ecuación era utilizable igualmente para describir un electrón con carga positiva (un positrón) como para un electrón con carga negativa. La teoría de Dirac demostraba también que al juntarse un *electrón* y un *positrón* se destruyen, transformándose inmediatamente toda su masa en otras formas de energía.
La materia de la Tierra contiene grandes cantidades de electrones. Por ello carecía de sentido tratar de buscar, en nuestra materia, los positrones. Se trató en cambio de encontrarlos en la radiación cósmica que nos llega del espacio, en la cual se pudo comprobar la existencia de los mismos. Entonces se planteó la posibilidad fascinante de que pudiera existir un tipo de materia completamente distinto, una *antimateria* formada de protones negativos y electrones positivos.
Ahora sabemos que estas partículas se encuentran en la radiación cósmica. Asimismo han sido producidas, mediante energía, en los laboratorios. Tan pronto como una antipartícula entra en contacto con su correspondiente en nuestra materia, se destruye su masa. La materia y la antimateria no pueden existir juntas, pero, si están separadas, sus elementos son igualmente estables y forman las mismas sustancias con las mismas características. Debido a esta circunstancia no hay posibilidad alguna de diferenciar a distancia la materia de la antimateria. La diferencia se descubre cuando, al encontrarse, se produce un gran desarrollo de energía por transformarse la masa en energía de radiación.
El sueco Oscar Klein sostiene que, por razones simétricas, el universo debe contener tanta materia como antimateria. Nuestro Sol y sus planetas deben constar de materia, pero nada contradice que nuestras galaxias vecinas, o quizás ciertos soles de nuestra propia galaxia, estén constituidos de antimateria. En una colisión entre una estrella de materia y otra de antimateria se destruirían grandes cantidades de masa y se generaría una enorme cantidad de energía. Recientemente se averiguó que muchas galaxias emiten radiaciones intensas. Los objetos radiantes se denominan *quasars* y en general tienen una extensión de varios años luz. Las estimaciones y cálculos hasta la fecha han aumentado las esperanzas de que los quasàrs den información sobre la antimateria. El temor de que un viaje espacial tripulado diese trágica respuesta queda, de momento, descartado.





Antimateria en la Tierra

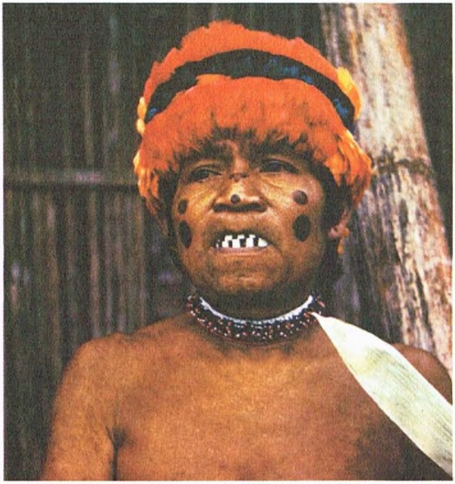
Parte de las radiaciones cósmicas que penetran en la atmósfera terrestre constan de antimateria. Esta se ha podido crear también, en los aceleradores de partículas, mediante energía. Cuando una de las partículas de nuestra materia entra en colisión con su antipartícula, se destruye toda la masa, transformándose en otras formas de energía. Primeramente se producen partículas poco conocidas de materia y antimateria, cuya duración no llega a una milmillonésima de segundo. El primer nombre de estos hiperones y mesones era «partículas extrañas». Después de la destrucción quedan únicamente partículas sin masa propia, por ejemplo los fotones de la radiación electromagnética.



La antimateria en el espacio

Los antiátomos de la antimateria tienen las mismas características que los átomos de nuestra materia. La antimateria puede, por ello, formar planetas y sistemas solares, del mismo modo que nuestra materia. La vida en un antiplaneta puede haberse formado y desarrollado del mismo modo que en la Tierra. También es posible que los antiastronautas de un antiplaneta puedan haber comenzado a investigar el espacio. Un astronauta terrestre tardaría más de 10 000 años en llegar a la estrella más próxima. El riesgo de que viajeros espaciales de distintos mundos se lleguen a encontrar, se den la mano y por ello se destruyan mutuamente, es muy pequeño.





MEDICINA

Del brujo al médico

La medicina actual representa la culminación de un desarrollo iniciado, a un nivel rudimentario, en la Edad de Piedra —en este nivel se encuentra todavía la medicina que practican los brujos de los llamados pueblos primitivos—. Pero no hemos de olvidar que, durante la Edad de Piedra del Occidente europeo, la medicina de otras civilizaciones ya poseía una larga y rica tradición. Cuando Europa se hallaba en la Edad del Hierro, China, Babilonia, India y Egipto poseían una ciencia médica bastante desarrollada; en particular la obstetricia había logrado en la India un notable nivel.

A pesar de la diferencia cronológica que las separa, la medicina de las civilizaciones antiguas, la de los brujos, la del Medievo y la de los tiempos modernos tienen bastante en común.

Lo que asemeja a los médicos de todos los tiempos es que siempre han tratado de transmitir las experiencias obtenidas a partir de su conocimiento de la naturaleza y de la estructura y función del cuerpo humano. Lo que diferencia de todas las demás a la medicina moderna occidental es que ésta tiene más posibilidades de controlar la exactitud de los conocimientos del médico. La técnica

El brujo

El brujo aparece en las sociedades que mantienen la creencia de que las enfermedades se deben a la influencia de espíritus mágicos. El tratamiento prescrito por el brujo se dirige contra los espíritus malignos que se han introducido en el paciente y han originado los síntomas. Pero, junto a este tratamiento de tipo mágico, el brujo aplica también otro más real, a base de drogas e intervenciones quirúrgicas. Así, los brujos han descubierto muchísimas medicinas de origen vegetal. El tratamiento mágico tiene, además, una influencia psicológica importante.



serpiente de Esculapio



instrumentos quirúrgicos de la antigüedad



anatomía de la Edad Media



anatomía de Vesalio

500 a. C. — 0 — 500 d. C. — 1000 — 1500 — 1800

patología de los humores

Pequeña historia de la medicina

El símbolo de la medicina, el bastón con la serpiente, proviene de la antigüedad griega. El dios de la medicina, Esculapio, solía representarse apoyado en un bastón, alrededor del cual se enroscaba una serpiente. El griego Hipócrates (s. V a. de C.) es considerado como el padre de la medicina. Su compatriota Aristóteles (s. IV a. de C.) influyó en el romano Galeno (s. II d. de C.), cuyas doctrinas, recogidas en unos 150 manuscritos, fueron consideradas como un oráculo, y seguidas, al pie de la letra, hasta fines de la Edad Media.

Desde la antigüedad hasta el s. XIX, la medicina estuvo dominada por la llamada patología humoral, esto es, la doctrina de los cuatro elementos o jugos de la vida: la sangre (roja), la flema (blanca) y las bilis amarilla y negra. Se creía que la causa de las enfermedades era un desequilibrio entre estos líquidos.

A fines de la Edad Media comenzaron a hacerse disecciones sistemáticas para investigar la anatomía humana. Más tarde, el microscopio permitió el estudio de la célula y, en el s. XIX, la antigua patología humoral fue sustituida por la patología celular. Esta supone que las enfermedades se deben a cambios en las células del cuerpo. Si tenemos en cuenta que la composición de la sangre y de los líquidos orgánicos influye en el estado de las células, puede decirse que la patología humoral no se ha descartado por completo.



microscopio de Leeuwenhoek



células vistas al microscopio

moderna ha permitido alcanzar conocimientos que los hombres de tiempos remotos ni siquiera podían imaginar.
Las rápidas comunicaciones actuales facilitan el contacto entre los investigadores de todo el mundo, haciendo posible que discutan en común diferentes problemas, cosa que no podían hacer los brujos y los médicos de tiempos pasados, quienes, por lo general, sólo conocían las tradiciones heredadas de sus antepasados. Pero el avance espectacular de la medicina, durante los últimos cien años, no debe hacernos olvidar el hecho de que todavía permanecen sin resolver o se hallan parcialmente resueltos muchos de los problemas planteados por las principales enfermedades, p. ej., el cáncer, la arterioesclerosis y el reumatismo articular. Sobre estas enfermedades la medicina actual se mueve todavía en el campo de la especulación.
Sin embargo hoy la medicina no solamente se ocupa de sanar enfermos. Su tarea más importante, tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados, es evitar que aparezca la enfermedad. *Prevenir enfermedades y destruir focos de infección* no sólo son problemas médicos, sino también sociales, económicos y técnicos, ante los cuales la medicina moderna sólo desempeña parte de una tarea en la que está comprometida la sociedad entera: lograr hombres sanos en un ambiente sano y agradable.



investigación básica

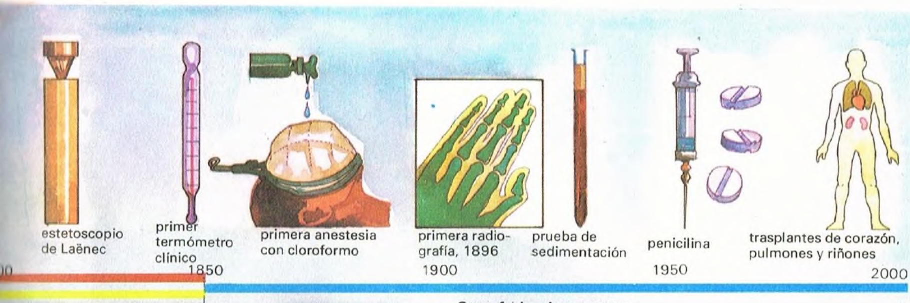


especialistas



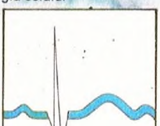
El médico

El médico moderno no se encuentra, en su tarea, tan aislado como el brujo. Dispone de obras especializadas y trabaja en unión de un importante grupo de colaboradores altamente especializados. Lo que el brujo aprendía de la tradición, el médico moderno puede aprenderlo de la ciencia y de la experimentación. La investigación le abre nuevos caminos, y los distintos especialistas colaboran entre sí, con ayuda y consejos.





patología celular



electrocardiograma, 1903

Otras fechas importantes

1543: el primer libro moderno de anatomía.
1628: descubrimiento de la circulación de la sangre.
1700 aprox.: con el microscopio se describen las bacterias y se descubren las células.
1796: vacuna contra la viruela.
1819: estetoscopio.
1858: patología celular.
1865: introducción de los antisépticos en la cirugía.
Fines del s. XIX: se fundan las bases de la bacteriología.
1900: tratamiento del cáncer, con radiaciones.
1901: descripción de los grupos sanguíneos.
1906: concepto de «hormonas».
1910: concepto de «vitaminas».
1920: «sedimentación globular», insulina, primera operación de válvula cardíaca, curación de la anemia perniciosa, vacuna antituberculosa.
1930: sulfamidas, concepto de «stress», electroshock.
1940: cateterización del corazón, antibióticos, cortisona.
1950: vacuna contra la polio, píldoras anticonceptivas, psicofármacos.
1960: trasplantes de riñones, corazón y pulmones.

La consulta médica

La mayoría de los pacientes acuden con cierta prevención al médico. Temen que el reconocimiento médico sea desagradable o revele signos de alguna enfermedad peligrosa que exija ingresar en el hospital, quizá ser operado, etc. Aun los que van a someterse a un control rutinario y se saben sanos suelen estar nerviosos por lo que pueda encontrarles el médico. El común denominador de ese difuso temor es la incertidumbre que, precisamente, la consulta médica ha de ayudar a disipar.

Para el médico, la visita del paciente es una simple actividad cotidiana. Sin embargo, también para él representa cierta tensión. No siempre sabe lo bastante acerca del paciente que acude a visitarle. Aun los reconocimientos más simples pueden proporcionar al médico valiosa información sobre el desarrollo de una enfermedad, y sobre la manera de soportarla el paciente. En las imágenes de este artículo se representa un simple *reconocimiento médico externo*, para el que el médico utiliza la vista, el tacto, el oído, y, a veces, algunos sencillos instrumentos, p. ej., el estetoscopio, el aparato para medir la tensión arterial, y el martillo de reflejos. El médico estudia, una tras otra, todas las partes del cuerpo: ve *(inspección)*, toca *(palpa-*



Historia clínica

Un reconocimiento médico normal empieza con una charla, en la que se establece un importante contacto entre médico y paciente. El paciente describe su enfermedad y el médico hace preguntas y se forma una idea de las condiciones físicas y psíquicas del paciente. También toma notas acerca de lo que en un reconocimiento ulterior habrá de observar con más detalle.



Examen rinofaríngeo

Un reconocimiento médico de rutina («check up») ha de realizarse, literalmente hablando, de cabeza a pies. Es importante examinar la boca y garganta, ya que así pueden descubrirse infecciones y anemia o avitaminosis.



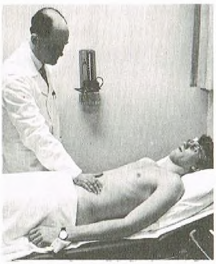
Percusión

A continuación, el médico observa los movimientos respiratorios del paciente y percute en distintos puntos del pecho y de la espalda. El tono es nítido en los pulmones, pero es mate y apagado en los órganos más compactos.



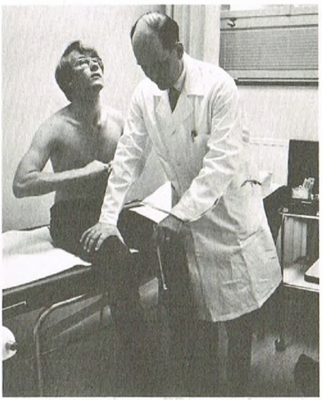
Auscultación de corazón y pulmones

Luego el médico escucha con el estetoscopio los ruidos cardíacos y respiratorios. Gracias a ello puede descubrir, p. ej., un mal funcionamiento de las válvulas del corazón o una inflamación pulmonar.



Palpación del vientre

Oprimiendo metódicamente el vientre, el médico puede descubrir si el hígado y el bazo tienen un tamaño normal, si hay algún lugar del abdomen que sea doloroso, si está tenso debido a gases o *contractura* , o si hay líquidos en él.



Prueba de reflejos

El golpe en la rodilla, con el martillo, es una clásica prueba de reflejos. La falta de reflejos o los reflejos anormales suministran información muy importante acerca del sistema nervioso del paciente.

ción), golpea *(percusión)* y escucha *(auscultación).* En esta tarea debe poseer una notable pericia, si desea obtener del reconocimiento los resultados apetecidos. Y, para interpretar correctamente estos resultados, necesita tener una gran experiencia acerca de los síntomas de las distintas enfermedades. En este aspecto la formación del médico nunca puede considerarse terminada, ya que aprende a medida que trabaja, pero, antes de estar capacitado para ejercer de manera independiente su profesión, precisa de un periodo mínimo de entrenamiento, que necesariamente es largo.

Un reconocimiento externo rutinario se realiza con medios muy simples. Sin embargo, permite registrar con facilidad distintas alteraciones del estado general del cuerpo. Los reconocimientos especiales nunca deben realizarse por capricho. Gracias al progreso de la ciencia, el médico, basándose en los reconocimientos simples, puede diagnosticar con más exactitud que en otro tiempo. En todo caso, aunque el paciente desconozca el diagnóstico definitivo, ya el primer reconocimiento de que es objeto puede eliminar lo que constituye quizá su peor sufrimiento, la incertidumbre, y esto es, en realidad, una parte muy importante del tratamiento. El paciente sabe que su enfermedad está bajo control y que puede sentirse seguro.



Visita domiciliaria

El médico ha de visitar al paciente, en su domicilio, cuando éste no puede desplazarse hasta el consultorio. La visita a domicilio es una parte importante del trabajo del médico particular, así como de los médicos rurales y provinciales. En las grandes capitales hay servicios médicos de guardia. El maletín del médico contiene todos los instrumentos necesarios para un examen rutinario, y un cierto número de medicinas para tratamientos de los casos agudos.

Una función muy importante del médico es la de decidir rápidamente si el paciente necesita o no ingresar en un hospital.



La enfermera hace los análisis

En una consulta médica normal puede ser necesario realizar varios análisis importantes (sedimentación y composición de la sangre, recuento globular, de orina, etc.). Algunos de éstos se efectúan con el microscopio.



El médico receta

Basándose en los datos obtenidos del reconocimiento y en los resultados de los análisis, el médico emite un juicio acerca del estado del paciente. Si se trata de enfermedades de poca importancia, el médico puede dar ya su diagnóstico y recetar las medicinas adecuadas. Sin embargo, a veces se precisan más reconocimientos, y el médico remite entonces al paciente a algún especialista privado o al hospital.

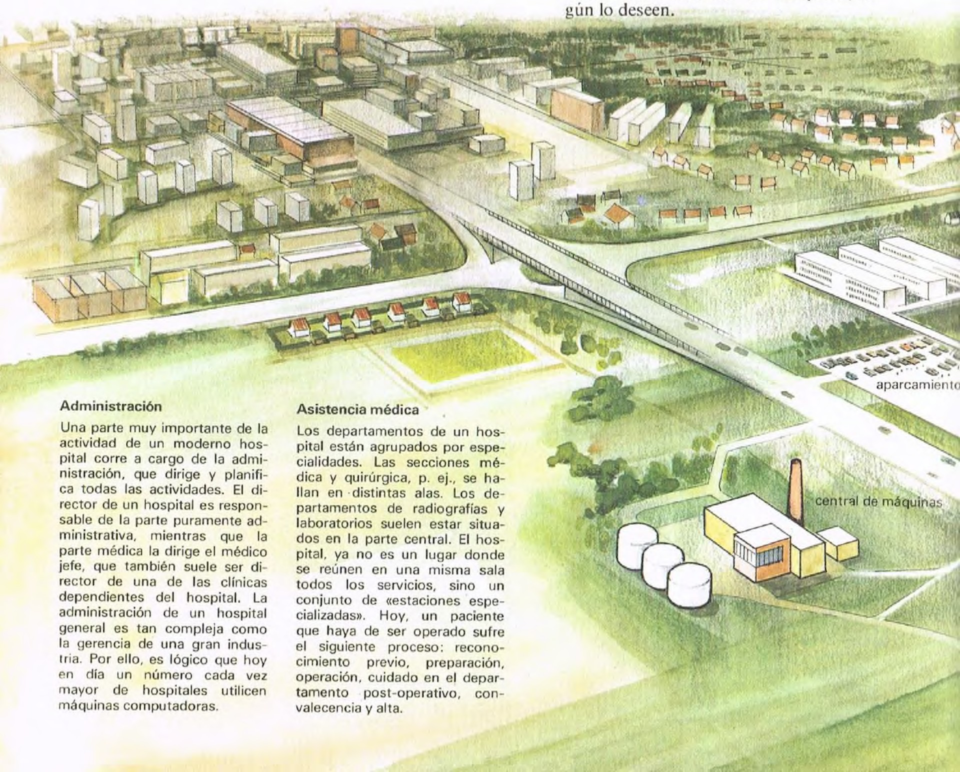


Antigua sala de hospital

En la parte superior se ve una antigua sala de hospital, cuyas hileras de lechos daban una triste impresión de asilo de indigentes. No es exagerado afirmar que, hasta hace poco, las salas generales de los hospitales tenían una instalación y una decoración casi idénticas a las de los antiguos hospitales públicos de beneficencia. Normalmente, en tales salas eran cuidadas las personas de escasos medios económicos, que no exigían muchas comodidades. La gente adinerada podía permitirse el lujo de ser cuidada en confortables sanatorios privados.

El hospital

El progreso médico, técnico y social han hecho del hospital moderno un centro de carácter muy distinto al de las antiguas instituciones de beneficencia. La investigación médica ha permitido estudiar y tratar a los enfermos de un modo muy diferente a como se hacía antes. A consecuencia de ello la medicina se ha dividido en una gran cantidad de especialidades, cada una de ellas con una técnica muy avanzada. El desarrollo técnico, especialmente en el campo de las comunicaciones, ha permitido que hoy se puedan organizar, para el cuidado de enfermos, instalaciones notablemente mayores, con el mismo o menos personal que antes. Finalmente, el incremento del nivel social ha hecho que tanto el personal como los pacientes sean más exigentes. El personal reclama que las modernas salas de los hospitales sean un lugar de trabajo agradable y racional. Los pacientes exigen que sean como un hogar provisional con el confort al que el hombre moderno está acostumbrado y con la posibilidad de estar solos o disfrutar de compañía, según lo deseen.



Administración

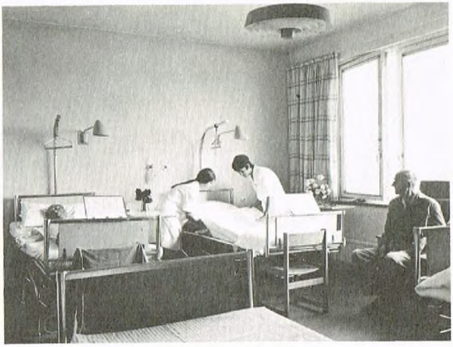
Una parte muy importante de la actividad de un moderno hospital corre a cargo de la administración, que dirige y planifica todas las actividades. El director de un hospital es responsable de la parte puramente administrativa, mientras que la parte médica la dirige el médico jefe, que también suele ser director de una de las clínicas dependientes del hospital. La administración de un hospital general es tan compleja como la gerencia de una gran industria. Por ello, es lógico que hoy en día un número cada vez mayor de hospitales utilicen máquinas computadoras.

Asistencia médica

Los departamentos de un hospital están agrupados por especialidades. Las secciones médica y quirúrgica, p. ej., se hallan en distintas alas. Los departamentos de radiografías y laboratorios suelen estar situados en la parte central. El hospital, ya no es un lugar donde se reúnen en una misma sala todos los servicios, sino un conjunto de «estaciones especializadas». Hoy, un paciente que haya de ser operado sufre el siguiente proceso: reconocimiento previo, preparación, operación, cuidado en el departamento post-operativo, convalecencia y alta.

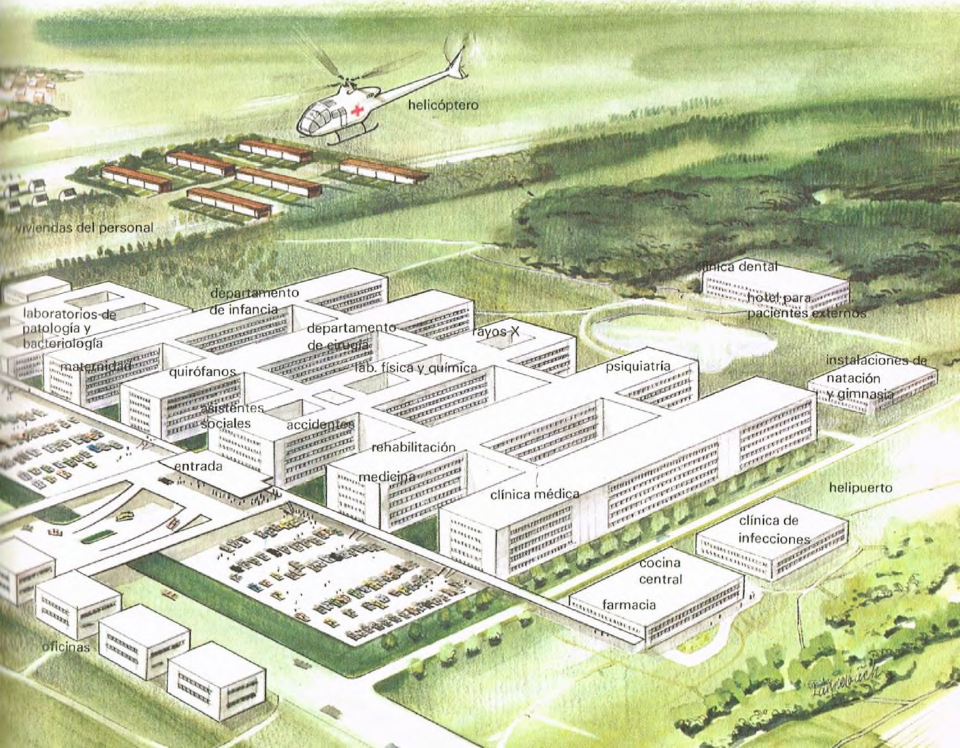
El hospital representa tanto un lugar de *tratamiento en internado,* que requiere el ingreso del paciente, como un lugar de *tratamiento abierto,* la *policlínica,* donde los pacientes efectúan consultas médicas normales. Hoy en día el clásico tratamiento de internado se reserva a los casos en los que es absolutamente necesario guardar cama. Durante el tratamiento, muchos de los pacientes que ingresan pueden muy bien hacer vida normal, por lo que se han comenzado a crear los llamados *departamentos de pacientes externos.* Durante la noche los pacientes viven en su casa o en un *hotel* especial anejo al hospital.

El hospital moderno ya no es un pequeño edificio con una institución sanitaria reducida, sino todo un complejo social. Para poder ofrecer a los enfermos una asistencia cada vez más especializada, con suficiente personal, se requiere una dirección bien organizada que cuente con cientos de colaboradores que se encarguen de la dirección del personal, de las comunicaciones, transportes, correo, provisión de alimentos y ropas, cuidados de los edificios y jardinería.



Sala moderna de hospital

La habitación de un moderno hospital es muy diferente de las salas antiguas, que parecían cuarteles. En un hospital moderno hay que prever la posibilidad de aislar los casos graves o infecciosos. Hoy en día es posible también supervisar el estado del paciente, sin estar en su misma habitación. Además, se ha descubierto la influencia que el medio ambiente tiene en la recuperación del enfermo. Por ello, las habitaciones de los modernos hospitales son claras, tranquilas y fáciles de cuidar.





Conferecia sobre radiografías

Tras haber sido informado por la enfermera de guardia acerca de lo sucedido en las salas durante la noche, el médico se reúne con sus colegas de otros departamentos, dentro de la clínica, para estudiar los resultados de los reconocimientos por rayos X, que se han realizado el día anterior. El médico del departamento en que se halla el correspondiente enfermo explica la historia clínica y discute con los colegas el caso. En estas ocasiones el jefe de clínica aconseja, a menudo, acerca del tratamiento que hay que seguir. De esta forma, estas conferencias constituyen una parte muy importante de la progresiva formación del médico.



La visita médica

La visita diaria proporciona a médico y enfermo la única ocasión regular de mantener contacto, que, lamentablemente, suele ser muy corto. El médico observa el estado general del paciente y opina acerca de los reconocimientos y del tratamiento. También entonces tiene ocasión de infundir al enfermo ánimo y consuelo. El médico suele ir acompañado por las enfermeras del departamento y por una enfermera asistente. También el jefe de clínica y, en los hospitales de enseñanza, los estudiantes de medicina y las futuras enfermeras efectúan visitas regulares.

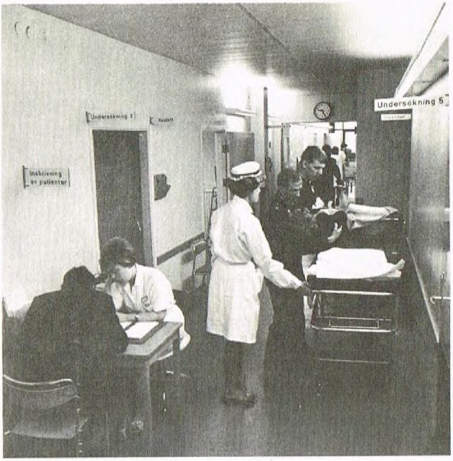
Jornada del médico de hospital

Hoy en día la jornada del médico de hospital sólo está dedicada en una mínima parte a lo que en otro tiempo fue lo más importante, esto es, el cuidado del enfermo, junto a su lecho. Esto se debe, en parte, a que la mayoría de los reconocimientos y tratamientos ya no se llevan a cabo en las salas de enfermos y, en parte, a que el médico ya no está solo en su tarea, sino que efectúa los reconocimientos y los tratamientos en colaboración con otros muchos colegas del hospital. Dentro del hospital, no sólo los médicos realizan una labor de equipo; también el resto del personal colabora con ellos.

Este espíritu de equipo hace que el trabajo diario en un hospital moderno sea muy distinto del que se realizaba en otro tiempo, en el que existía una estricta división de clases entre el personal sanitario. La democratización ha facilitado notablemente la cooperación entre las distintas categorías y ha allanado el camino a las nuevas profesiones que, en los últimos tiempos, han pasado a formar parte del equipo del hospital: gimnasioterapeutas, especialistas en terapéutica del trabajo, psicólogos, asistentes sociales, etc. Todos los miembros del personal del hospital colaboran en el tratamiento del paciente. Por tanto, es muy importante que mantengan un estrecho contacto personal. Merced a este contacto y a sus propias investigaciones, el médico, en reuniones diarias con su equipo, puede trazar un esquema general de las decisiones que es preciso tomar respecto a sus pacientes.

Por esto el paciente puede tener la impresión de que el *médico de departamento* no le dedica más que unos minutos diarios. En realidad casi todos los médicos de departamento se quejan de que cada vez disponen de menos tiempo para los contactos con sus enfermos. Pero, de hecho, el médico de departamento está ocupado con los problemas de sus pacientes, durante toda la jornada, mediante *conferencias, tratamientos, intervenciones quirúrgicas, controles,* y un *estudio* constante de las últimas publicaciones en materia de diagnosis y tratamientos. Otra ocupación abrumadora, aunque necesaria, del médico es elaborar *diarios, informes* y *comunicaciones* acerca de los resultados de una intervención o de un reconocimiento. Hoy el médico no sólo cuida enfermos. En muchos hospitales, y no sólo en los adjuntos a las Facultades de Medicina, se dedica también a *enseñar* a colegas más jóvenes, enfermeras, y demás personal sanitario. Por otra parte, la *investigación médica* no se limita tan sólo a los grandes hospitales; también en los

pequeños se llevan a cabo importantes trabajos de investigación. Sin embargo, la mayor parte de la investigación médica actual se efectúa en los primeros, por personas encargadas de realizar, además de los trabajos normales de su incumbencia, otros que hacen voluntariamente en horas extraordinarias.
De esta forma transcurre la jornada que un médico de departamento realiza en un gran hospital, donde cuenta con la colaboración de numerosas personas; cuanto menor sea el hospital, mayor será la tarea de cada médico. Naturalmente es algo distinta para los médicos que no tienen que tratar directamente a los enfermos —p. ej., médicos de policlínicas, analistas, radiólogos, anestesistas y patólogos—. Sin embargo, todas las categorías tienen en común una gran carga de trabajo y la dificultad que entraña su planificación exacta. Constantemente surgen imprevistos que echan a perder los mejores planes de investigación u operación. Todo médico de hospital está acostumbrado a hacer horas extraordinarias. Además, debe realizar, por turno, el servicio de guardia, que, por sí solo, es abrumador.
La profesión de médico, a pesar de la racionalización de su trabajo, apenas permite seguir un horario "normal". Pero no por ello deja de ser fascinante.



Departamento de urgencias

El departamento de urgencias —recepción de casos graves— está abierto durante las 24 horas del día. La foto superior recoge el momento en que un paciente acaba de llegar a la sala de urgencia: sus acompañantes dan al personal de guardia los datos necesarios. En la recepción de casos urgentes los distintos especialistas trabajan según un orden determinado: son los médicos de guardia. La frecuencia con que un médico debe hacer guardia depende del número de médicos de que disponga el hospital; por lo general, es de 1 a 2 noches por semana, aunque en hospitales pequeños puede ser mayor. La jornada de guardia es, a menudo, dramática, pero también extraordinariamente variada. Pueden llegar enfermos leves, pero también pacientes que deban sufrir operaciones muy complicadas.



Operación

Las intervenciones quirúrgicas ocupan la mayor parte de la jornada de un cirujano. También los especialistas de medicina interna visitan en ocasiones los departamentos quirúrgicos, para discutir los distintos casos.



Dispensario

Los médicos de los departamentos reciben a los pacientes ya dados de alta, para prescribirles un tratamiento posterior, y los médicos de los ambulatorios tratan a los pacientes que no necesitan ingresar en el hospital.



Reconocimiento médico

El médico de departamento reconoce a todos los pacientes recién ingresados y, si fuere necesario, a los que ya llevan tiempo en el hospital. Los resultados de estos reconocimientos se escriben en la historia clínica del enfermo.



Laboratorio

Según su especialidad, el trabajo del médico de departamento requiere a menudo el uso del laboratorio. También allí el médico puede continuar su estudio e investigaciones.



Estudios en la biblioteca

Para su formación el médico necesita informarse constantemente en los libros y revistas médicas. En la biblioteca del hospital hay gran cantidad de libros especializados.



Autopsia

Los datos que obtiene el forense, al hacer la autopsia a los pacientes fallecidos, son para el médico una fuente importante de información, que aumenta su conocimiento de las enfermedades.

Del ingreso a la convalecencia

Un hospital moderno no sólo se compone de salas de enfermos. Hoy las distintas especialidades médicas exigen equipos muy avanzados. Por tanto, dentro de un gran hospital existen numerosas salas especialmente equipadas; como ejemplo de ello, en esta página se muestran los *departamentos de rayos X*, *quirófanos* y *departamentos de rehabilitación*. En la página siguiente se muestran *laboratorios, departamentos de tratamiento intensivo*, y otros de *asistencia social*.

Casi todos los pacientes que ingresan en un hospital deben sufrir al menos un examen radioscópico, normalmente de corazón y de pulmones. Tanto la especialidad quirúrgica como la de medicina interna basan, en gran parte, en las radiografías del paciente, la planificación y el tratamiento. El *departamento de radiografía* interviene también en los casos graves, p. ej., los daños en accidentes o las apendicitis agudas.

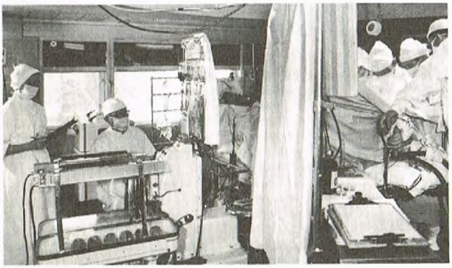
El diseño del *departamento de quirófanos* se plantea teniendo en cuenta ante todo las condiciones de esterilidad, temperatura constante y elevada humedad del aire. Muy cerca de la sala de operaciones ha de haber también habitaciones especiales para la esterilización de batas, toallas, etc., antes de las operaciones. En los quirófanos modernos se prohíbe la entrada a toda persona que no se haya lavado y cambiado de ropa. Una parte muy importante de los quirófanos es la *sala de anestesia*, donde se realiza la narcosis o la anestesia local. El médico anestesista, con su personal, vigila al paciente, durante la operación y después de ella (esto último, en el departamento *post-operatorio* o de *tratamiento intensivo)*.

El tratamiento en un hospital no sólo pretende mejorar al paciente o curar su enfermedad, sino también permitirle reintegrarse cuanto antes a la actividad normal. Aqui se ilustra este último tipo de tratamiento en los *departamentos de gimnasia terapéutica y de rehabilitación*. A ellos llegan principalmente los pacientes cuya enfermedad u operaciones padecidas les han dejado impedidos de alguna forma. El moderno entrenamiento, a base de movimientos, evita que muchísimos pacientes con enfermedades nerviosas orgánicas o que hayan sido víctimas de accidentes graves permanezcan desamparados en un lecho de hospital. Este entrenamiento se combina a menudo con la *terapia de trabajo*, por la que el paciente se prepara para recuperar su puesto en la sociedad. La terapia de trabajo da también una ocupación a los enfermos que han de pasar largo tiempo en el lecho, ya que esta ocupación es imprescindible para ellos.



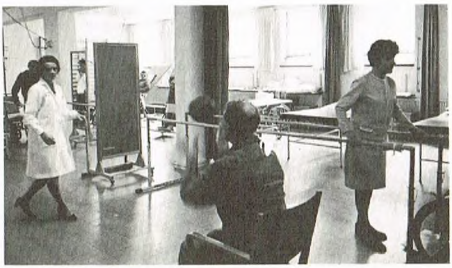
Reconocimiento con rayos X

En el departamento de rayos X hay, además de los aparatos para realizar las radiografías, un laboratorio fotográfico muy bien equipado. Ciertos tipos de radiografías, p. ej., las arteriografías de contraste, requieren instrumentos estériles y de anestesia, por lo que en este departamento hay algún instrumental quirúrgico. La técnica radiográfica no sólo utiliza placas fotográficas; hoy se sirve, además, de la televisión y el cine.



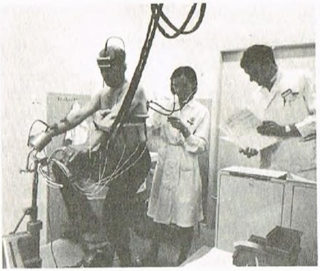
Quirófano

Los quirófanos están dotados de un equipo técnico muy avanzado: mesas de operaciones con ajuste automático, iluminación libre de sombras, sistemas especiales de aire acondicionado, equipos eficaces de esterilización, y aparatos de anestesia y de rayos X. En una operación de corazón como la que se representa en la foto, el personal requerido es muy numeroso, pero también para las operaciones menores se precisan diversas personas.



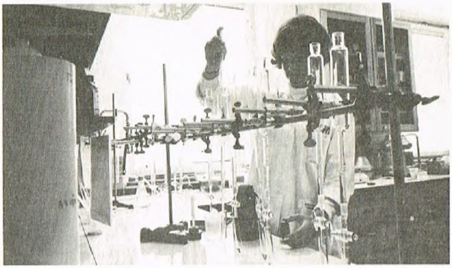
Departamento de gimnasioterapia y rehabilitación

En los departamentos de rehabilitación, se efectúan ejercicios de entrenamiento, con los que los pacientes de enfermedades graves pueden recuperarse con vistas a su reincorporación a la vida normal. A la izquierda, un paciente parcialmente paralizado se entrena con un balón, para adquirir rapidez y capacidad de prensión. Y a la derecha, otro se entrena en la marcha.



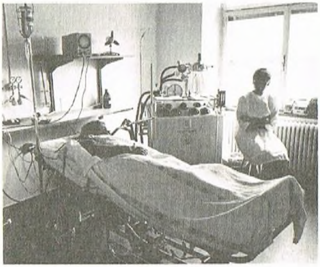
Laboratorio fisiológico

En la foto se realiza el ECG de un paciente montado en la bicicleta de pruebas. También se realizan aquí las pruebas de metabolismo, ECG en reposo, pruebas funcionales de pulmones, y cateterización de corazón.



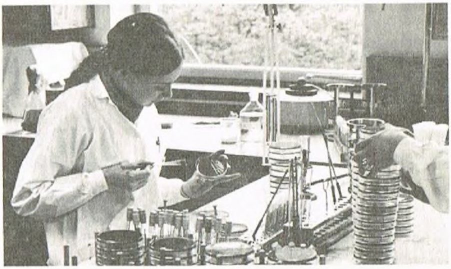
Laboratorio químico

En el laboratorio químico central se analiza la composición química de los líquidos del cuerpo y la de los tejidos, así como las sustancias contenidas en ellos. La técnica actual es tan refinada que, para cada uno de los análisis, sólo se necesitan pequeñas cantidades de muestra. El examen se realiza de manera cada vez más automática, lo cual es muy necesario, debido a los millares de análisis que hay que hacer sin interrupción.



Cuidados intensivos

En el departamento de cuidados intensivos se trata a los enfermos que han sufrido importantes intervenciones quirúrgicas o, p. ej., infartos de miocardio. Aquí se vigila a un paciente conectado con un respirador.



Laboratorio bacteriológico

En el laboratorio bacteriológico se cultivan y se determinan los tipos de bacterias y de virus de los esputos, orina, excrementos, sangre y fragmentos de tejidos (la foto muestra la preparación de un cultivo bacteriano). El laboratorio bacteriológico es responsable también del control de la higiene del hospital y de las campañas intensivas de erradicación de las infecciones, tan difíciles de eliminar en los hospitales.



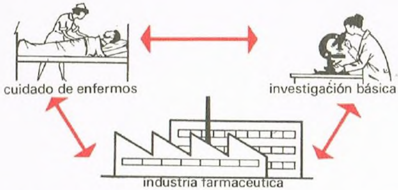
Asistentes sociales

Muchas enfermedades se hacen más agudas o se agravan debido a preocupaciones en el hogar o en el sitio de trabajo. Los asistentes sociales de los hospitales ayudan a solucionar las dificultades que pueda sufrir el paciente.



Laboratorio patológico

En él se efectúan las preparaciones de tejidos necesarias a menudo para obtener una diagnosis exacta. En primer plano de la fotografía se ven muestras de tejidos preparados en cortes con un espesor de una centésima de milímetro e incluidos en parafina. Una gran parte de las pruebas se efectúan en relación con las autopsias, pero los patólogos han de examinar diariamente pruebas de tumores y de otros tejidos enfermos.



Fabricación de fármacos

La moderna fabricación de fármacos depende de la conjunción de los conocimientos de tres sectores distintos: médicos, investigadores e industria farmacéutica. La aportación del médico consiste en requerir nuevas posibilidades de tratamiento. La industria habrá de responder con nuevos fármacos a estas necesidades. Ambas partes dependen tanto de los investigadores médicos —que habrán de determinar las enfermedades, y las posibilidades de influir en ellas, por medio de fármacos— como de los investigadores farmacéuticos —que a menudo dependen de la industria y deciden la forma en que debe presentarse el fármaco, para que ofrezca el máximo efecto—. Antes de que un fármaco pueda emplearse en pacientes humanos, ha de probarse en animales. Aun las medicinas ya utilizadas desde antiguo son controladas periódicamente de esta forma.

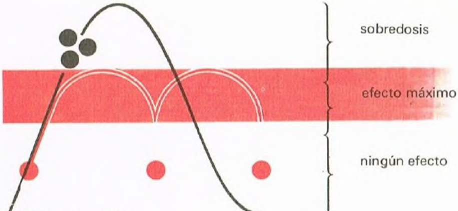


Farmacia e industria farmacéutica

El médico actual ya no necesita preparar sus propias recetas, ya que puede confiar en los productos preparados por la industria farmacéutica. Las organizaciones farmacéuticas garantizan que la medicina que se entrega a un paciente reúna las condiciones adecuadas, y evitan que vaya a parar a manos de quien no las necesita.

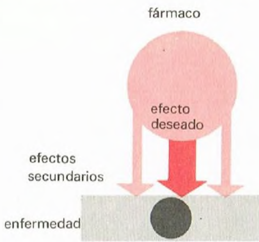
Gracias a los modernos fármacos, el médico dispone de "herramientas" para el tratamiento que se requiere según el estado del paciente. Pero la preparación y distribución de estas "herramientas" requiere técnicos altamente especializados en la investigación médica y farmacéutica. Cuando, tras haber realizado muchas pruebas, se ha encontrado la sustancia más adecuada, hay que averiguar además la mejor forma en que puede administrarse al paciente. Esto significa que hay que averiguar cuál es la forma de preparación que permita aplicar en el sitio adecuado la cantidad necesaria de sustancia. También hay que saber cuánto tiempo opera el fármaco, es decir, cuándo ha de tomarse una nueva dosis y cuántas dosis pueden tomarse sin peligro de efectos secundarios.

Cuando se trata de sustancias tan activas como los modernos fármacos, es natural que algunos de ellos puedan producir efectos secundarios, acerca de los cuales se ha discutido mucho en los últimos tiempos, ya que cada año aparecen miles de especialidades nuevas, a menudo muy activas. Además, ciertos efectos secundarios tienen consecuen-



«3 tabletas al día»

Para la eficacia de una medicina lo más importante es su concentración en el lugar en donde se requiere que actúe. A su vez, en la mayoría de los fármacos, esto depende de su concentración en sangre. Para casi todas las medicinas hay un cierto nivel en el que actúan sin presentar ningún efecto secundario importante. Debido a ello, el fabricante ha de indicar las dosis recomendadas y ofrecer al médico las indicaciones necesarias. En los frascos de medicinas se anota, por lo común, la dosificación, p. ej., «una tableta, tres veces al día». En el diagrama superior se muestra la importancia de las indicaciones. Si se toman las tres tabletas al mismo tiempo, la dosis ingerida es excesiva y, además, no surte efecto.



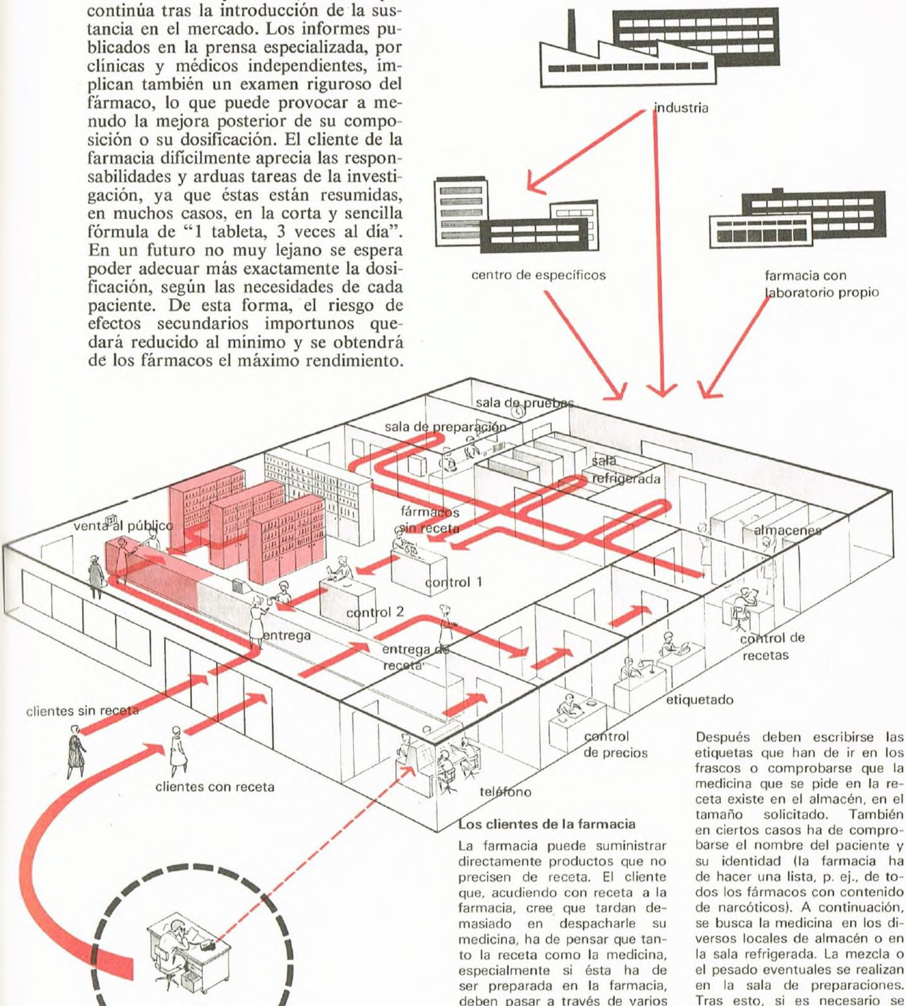
Efectos secundarios

Es muy difícil conseguir que un fármaco sólo tenga efecto sobre la enfermedad del paciente. A menudo se corre el peligro de causar efectos secundarios, a veces desagradables o nocivos. Todavía no se ha podido obtener un solo fármaco que no tenga efectos secundarios. Sin embargo, los fármacos de calidad sólo producen efectos secundarios cuando se toman en dosis excesivas.

cias extraordinariamente graves, p. ej., para los fetos.
No obstante, debido al estricto control que se ejerce en la fabricación, estas complicaciones sólo se presentan excepcionalmente. Antes de que un fármaco pueda ser registrado y vendido, es sometido, tanto por los fabricantes como por las autoridades responsables, a un control muy estricto, control que continúa tras la introducción de la sustancia en el mercado. Los informes publicados en la prensa especializada, por clínicas y médicos independientes, implican también un examen riguroso del fármaco, lo que puede provocar a menudo la mejora posterior de su composición o su dosificación. El cliente de la farmacia difícilmente aprecia las responsabilidades y arduas tareas de la investigación, ya que éstas están resumidas, en muchos casos, en la corta y sencilla fórmula de "1 tableta, 3 veces al día". En un futuro no muy lejano se espera poder adecuar más exactamente la dosificación, según las necesidades de cada paciente. De esta forma, el riesgo de efectos secundarios importunos quedará reducido al mínimo y se obtendrá de los fármacos el máximo rendimiento.

Proveedores de fármacos

Hoy en día los fármacos se entregan en la farmacia al paciente, y ya no se componen según la «fórmula magistral» recetada por el propio médico. Los modernos fármacos llegan a la farmacia ya preparados, procedentes, en parte, de centros de específicos con laboratorios propios, donde se fabrica una pequeña serie de preparados, y, en parte, de distintos laboratorios farmacéuticos, ya directamente, ya a través de los almacenes de específicos, una especie de mayoristas dentro de la farmacopea.

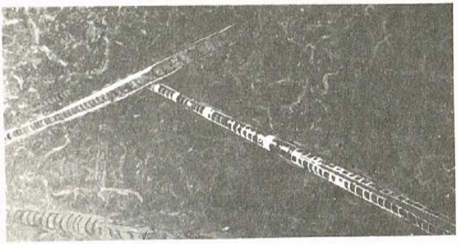


Los clientes de la farmacia

La farmacia puede suministrar directamente productos que no precisen de receta. El cliente que, acudiendo con receta a la farmacia, cree que tardan demasiado en despacharle su medicina, ha de pensar que tanto la receta como la medicina, especialmente si ésta ha de ser preparada en la farmacia, deben pasar a través de varios controles, antes de que se efectúe la expendición. Una vez entregada la receta, ha de verificarse el control del precio.

Después deben escribirse las etiquetas que han de ir en los frascos o comprobarse que la medicina que se pide en la receta existe en el almacén, en el tamaño solicitado. También en ciertos casos ha de comprobarse el nombre del paciente y su identidad (la farmacia ha de hacer una lista, p. ej., de todos los fármacos con contenido de narcóticos). A continuación, se busca la medicina en los diversos locales de almacén o en la sala refrigerada. La mezcla o el pesado eventuales se realizan en la sala de preparaciones. Tras esto, si es necesario se efectúa un control personal, para confirmar que es el propio paciente quien se lleva la medicina.

MOLUSCOS



Los ortocerátidos –cefalópodos de concha recta– eran muy abundantes en épocas remotas. Sus conchas suelen hallarse, en estado fósil, en el interior de piedras calizas. Estaban formadas por la misma sustancia que las conchas de los gasterópodos y lamelibranquios.





gasterópodos

lamelibranquios





El manto del animal segrega una sustancia calcárea con la que se forma la dura concha de los moluscos. Esta posee en su interior unas capas muy frágiles (nácar). Las ostras elaboran perlas alrededor de una partícula sólida introducida en su concha.

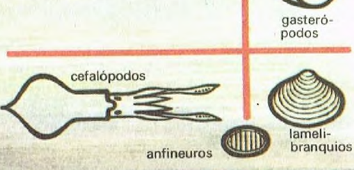
Una inmensa variedad de moluscos

Fósiles de diversos moluscos, pertenecientes a eras antiquísimas, permanecen envueltos en roca calcárea, en yacimientos localizados en muchos lugares del mundo. Estos fósiles constituyen un enlace visible entre la fauna actual y la de tiempos remotos, en los que los moluscos dominaron en todos los mares del mundo. La dura concha calcárea que rodea a estos animales de cuerpo blando posee una asombrosa resistencia contra la acción destructora del tiempo.

Los moluscos también constituyen un grupo muy importante en nuestra actual fauna. Se calcula que existen unas 130 000 especies. Las clases más comunes son los *cefalópodos, gasterópodos* y *lamelibranquios.* Estos animales se han adaptado perfectamente a las grandes profundidades marinas, a las zonas sometidas a las mareas, a las lagunas, a las corrientes de agua, e incluso a los terrenos secos. Los gasterópodos y lamelibranquios poseen unas conchas que, por su atrayente forma, han incitado al hombre a coleccionarlas. Del interior de la concha de ciertos lamelibranquios obtenemos perlas y nácar.

La mayoría de los moluscos actuales, al igual que los de tiempos antiquísimos, poseen una concha muy dura para pro-

Los moluscos integran un grupo muy variado. Las principales clases de moluscos son los cefalópodos, gasterópodos y lamelibranquios, todos ellos derivados, al parecer, de los llamados anfineuros.

La mayoría de los moluscos viven en el agua. En el mar existe una gran variedad de cefalópodos. En las grandes profundidades nadan los calamares de diez brazos, y el nautilo, que posee una concha parecida a la de un caracol y que, al parecer, prefiere habitar en el fondo del mar. En aguas profundas se arrastra el pulpo, buscando alimentos entre piedras y hendiduras.





teger su cuerpo blando y vulnerable. El cuerpo del molusco –desprovisto de esqueleto– está rodeado por una epidermis con la que está revestida interiormente la concha; se trata del *manto*, donde segrega una sustancia con la que se va formando el caparazón. Los órganos internos de los moluscos, como las branquias, intestinos y órganos genitales, se hallan, por lo general, en el recinto protegido por el manto. Los gasterópodos y lamelibranquios poseen un pie extensible y musculoso que puede salir de la concha. Mediante él los lamelibranquios pueden enterrarse en la arena, y los gasterópodos pueden adherirse a las rocas, cascos de barcos, etc.
Muchos moluscos son comestibles y, desde antiguo, han constituido un alimento muy importante para los pueblos costeros. En los restaurantes se considera plato exquisito a los lamelibranquios (ostras, almejas, mejillones), gasterópodos (caracoles) e incluso los cefalópodos (calamares), por lo que la pesca de moluscos tiene gran importancia económica.
Pero también existen moluscos dañinos. Ciertos caracoles terrestres causan grandes perjuicios a las plantas; las tarazas, que viven en agua salada, atacan los objetos de madera. Hay, incluso, moluscos peligrosos para el hombre; los pescadores de perlas temen a ciertas especies gigantescas de pulpos, así como a la enorme tridacna, un lamelibranquio gigante.



cefalópodo

Aun cuando todos los moluscos poseen un cuerpo blando y un pie situado debajo de una concha dura, el resto de su anatomía varía en cada grupo. Los dibujos de un calamar, un caracol y una almeja muestran algunos órganos importantes, y su situación en el cuerpo. En el calamar, el pie se ha transformado en unos brazos que rodean la boca; su concha atrofiada está dentro del manto.



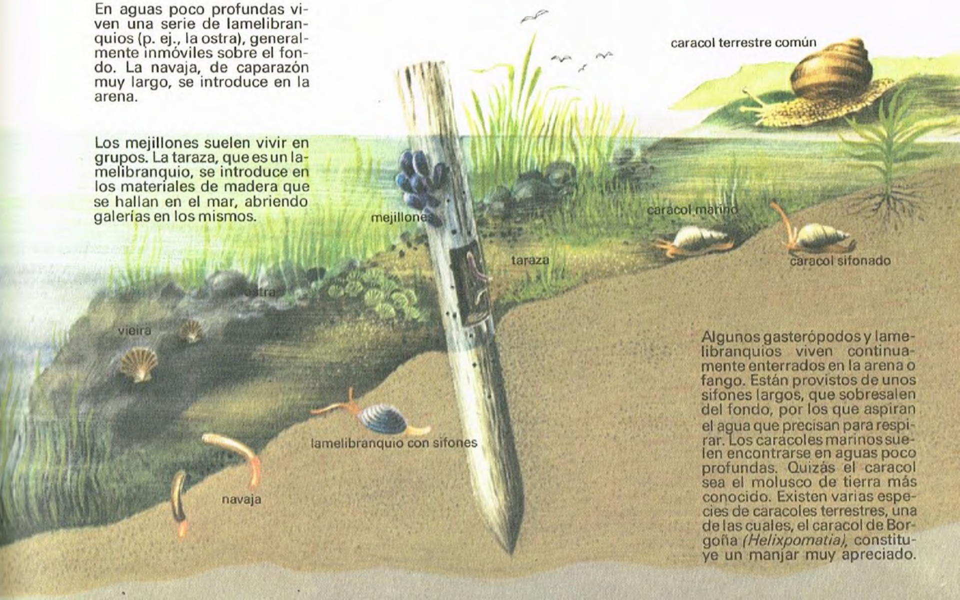
gasterópodo

- concha
- pie (brazos en los cefalópodos)
- branquias o pulmones
- tubo digestivo



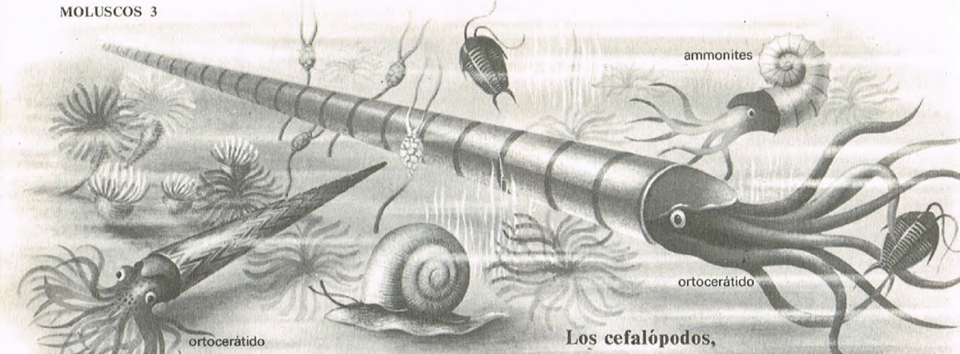
lamelibranquio

En aguas poco profundas viven una serie de lamelibranquios (p. ej., la ostra), generalmente inmóviles sobre el fondo. La navaja, de caparazón muy largo, se introduce en la arena.

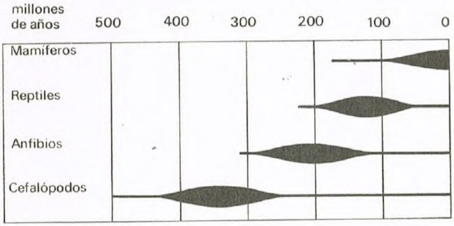


Los mejillones suelen vivir en grupos. La taraza, que es un lamelibranquio, se introduce en los materiales de madera que se hallan en el mar, abriendo galerías en los mismos.

Algunos gasterópodos y lamelibranquios viven continuamente enterrados en la arena o fango. Están provistos de unos sifones largos, que sobresalen del fondo, por los que aspiran el agua que precisan para respirar. Los caracoles marinos suelen encontrarse en aguas poco profundas. Quizás el caracol sea el molusco de tierra más conocido. Existen varias especies de caracoles terrestres, una de las cuales, el caracol de Borgoña *(Helixpomatia)*, constituye un manjar muy apreciado.



Durante las primeras eras de nuestro planeta, los predecesores de los actuales cefalópodos constituían un grupo muy importante de la fauna. Estos moluscos comenzaron a aparecer en el período cámbrico –mucho antes que los vertebrados–, cuando casi todos los animales vivían en el mar.



Los cefalópodos, nadadores a reacción

Hace 400 o 500 millones de años, durante el período cámbrico, existía en el mar una fauna muy primitiva pero muy variada. Durante el período silúrico –en que aparecieron los animales vertebrados–, los moluscos, en especial los cefalópodos, tuvieron su época de mayor expansión.

Los nautiloideos de entonces originaron los cefalópodos actuales. Poseían una concha recta o en espiral, dividida en cámaras y formada por carbonato cálcico. Las especies con concha recta eran los ortocerátidos, grupo del que se conservan numerosos fósiles.

Una especie superviviente de aquellos tiempos es el llamado nautilo, de aspecto similar a un caracol y que carece de bolsa de tinta. En los demás cefalópodos, esta bolsa constituye, en casos de emergencia, un arma defensiva; cuando les ataca otro animal, vacían en el agua el líquido de color pardo, contenido en la bolsa, ocultándose así de su perseguidor.





Se ha exagerado mucho sobre la peligrosidad de los cefalópodos. Antes se creía que el Kraken era un monstruo capaz de hundir un barco; en la obra de Víctor Hugo, *Los trabajadores del mar,* el pulpo estaba representado por un monstruo terrible. Quizá la creencia popular en la peligrosidad de este animal se deba a que el pulpo gigante no teme a los grandes cetáceos.



A excepción del nautilo, los cefalópodos actuales carecen de concha o tan sólo poseen una concha interna de naturaleza caliza. Los cefalópodos presentan un aspecto muy característico, debido a los largos tentáculos que poseen alrededor de la cabeza. A causa de sus grandes ojos, su mirada parece extrañamente siniestra. En realidad, la mayoría de los cefalópodos son animales pequeños e inofensivos. Sus enemigos son mucho más poderosos; figuran entre ellos los grandes peces, los cetáceos dotados de dientes (especialmente el cachalote), y sobre todo el hombre, que los captura por su carne y por su tinta. Con esta tinta se fabrica una pintura (pardo de sepia). Pero los adversarios de los cefalópodos no salen ilesos de la lucha con éstos, como demuestran las cicatrices que aparecen en la piel de los cachalotes, a consecuencia de las heridas causadas por las ventosas y las mandíbulas ganchudas de los pulpos y calamares gigantes. Estos últimos pueden tener unos brazos de hasta 10 m de longitud; figuran entre los mayores invertebrados actuales, y constituyen dignos adversarios de los cetáceos, sus mortales enemigos.

Los cefalópodos son animales de presa que, con sus tentáculos flexibles y recubiertos de ventosas, capturan a los peces. Se alimentan sobre todo de peces, crustáceos, almejas y ostras. El calamar, que tiene diez brazos, posee aletas y nada, mientras que los pulpos, dotados de ocho brazos, se deslizan por el fondo del mar.

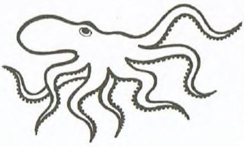
El sistema nervioso de los cefalópodos está muy desarrollado. Se ha demostrado que, en capacidad psíquica, de adiestramiento y de adaptación, superan a todos los demás invertebrados.



nautilo

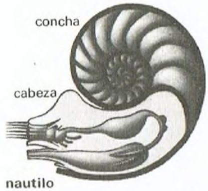
Los cefalópodos actuales son de dos tipos: de cuatro o dos branquias. El nautilo es la única especie viviente con cuatro branquias. Los pulpos y calamares son dibranquios.

pulpo (8 brazos)



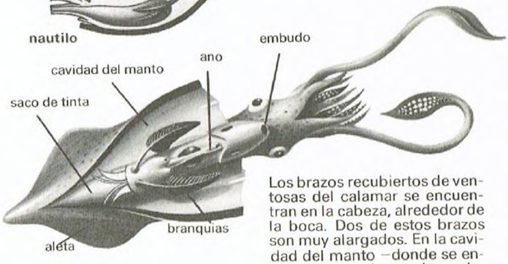
calamar (10 brazos)





nautilo

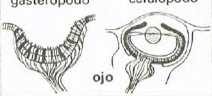
El nautilo posee una concha de atrayentes colores, en forma de espiral, dividida en unas cámaras llenas de aire, que le permiten flotar. Por ello, este molusco puede ascender rápidamente desde el fondo del mar hasta la superficie. Su cuerpo ocupa tan sólo la cámara más cercana al exterior de la concha.



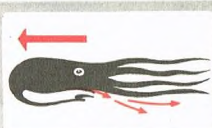
calamar

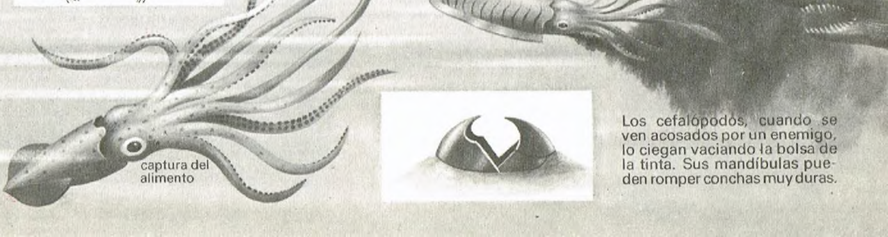
Los brazos recubiertos de ventosas del calamar se encuentran en la cabeza, alrededor de la boca. Dos de estos brazos son muy alargados. En la cavidad del manto –donde se encuentran las branquias– desembocan el aparato digestivo y la bolsa de la tinta.

Entre los invertebrados, los cefalópodos son los que poseen unos ojos más perfeccionados; constan de córnea, cristalino y humor vítreo. Es asombrosa su semejanza con los ojos de los vertebrados.

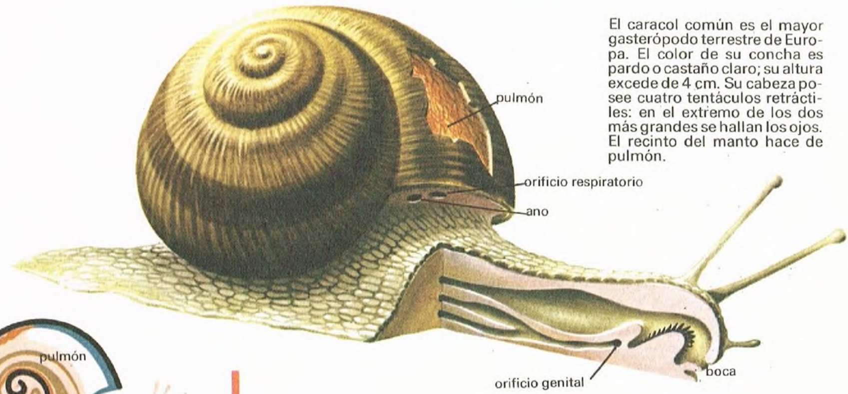


Los cefalópodos pueden trasladarse mediante un sistema de propulsión a chorro. Nadan hacia atrás, expulsando violentamente un chorro de agua desde la cavidad del manto, a través de un embudo orientado hacia adelante.

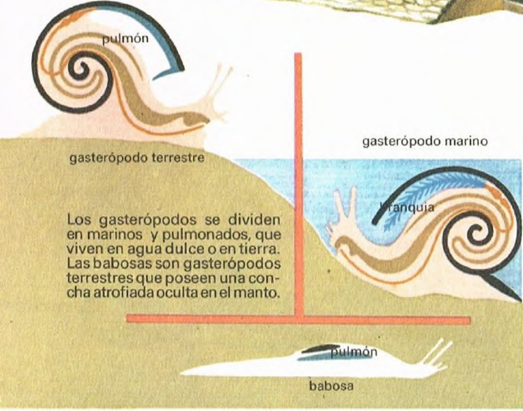




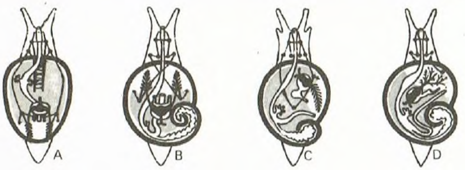
Los cefalópodos, cuando se ven acosados por un enemigo, lo ciegan vaciando la bolsa de la tinta. Sus mandíbulas pueden romper conchas muy duras.



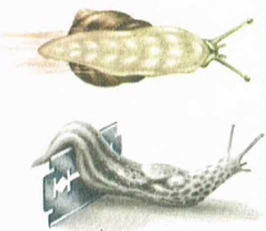
El caracol común es el mayor gasterópodo terrestre de Europa. El color de su concha es pardo o castaño claro; su altura excede de 4 cm. Su cabeza posee cuatro tentáculos retráctiles: en el extremo de los dos más grandes se hallan los ojos. El recinto del manto hace de pulmón.



Los gasterópodos se dividen en marinos y pulmonados, que viven en agua dulce o en tierra. Las babosas son gasterópodos terrestres que poseen una concha atrofiada oculta en el manto.



En un principio, la concha era notablemente simétrica (A). Posteriormente la masa intestinal giró 180 grados (B), con lo que desapareció una de las branquias (C) y la terminación del tubo digestivo se orientó hacia adelante (D). La concha y la masa visceral adquirieron forma de espiral y una marcada asimetría.



Los caracoles y babosas poseen un pie muy grande, constituido por unos músculos muy robustos y extensibles en sentido lateral y longitudinal. Con él avanzan en cada movimiento sólo una pequeña parte de su pie. El caracol parece deslizarse sobre una mucosidad segregada por la parte inferior del pie, independientemente de la naturaleza del terreno por donde avance. Puede incluso trepar por el filo de una hoja de afeitar, sin sufrir daño.

Lamelibranquios y gasterópodos

La concha de los gasterópodos, en forma de espiral –y de brillantes colores–, protege su cuerpo. Dentro de los moluscos constituyen el grupo más variado; por otra parte, en cada especie es peculiar la forma y colorido de la concha.
Esta puede ser fragilísima (a veces ni siquiera existe), o bien gruesa y resistente. Sus colores y dibujo varían ampliamente. A veces tiene forma de cúpula, pero más a menudo está arrollada en forma de hélice más o menos alargada. Desde antiguo, el hombre ha utilizado como adorno las conchas de estos animales, siendo muy apreciada en la antigüedad la cañadilla, por su sustancia colorante (púrpura). En algunos lugares de Africa y Asia, ciertas conchas, como las de porcelana, se empleaban como moneda.
La concha cubre completamente la masa visceral, y está arrollada de manera que el intestino y órganos genitales se abren al exterior por la parte delantera del animal. Los gasterópodos poseen una cabeza bien desarrollada y un pie largo y plano. Tanto la cabeza como el pie pueden introducirse en la concha si las condiciones externas son desfavorables.
Se han encontrado fósiles de gasterópodos del período cámbrico. En este período, los gasterópodos, como casi todos los demás animales, vivían en el mar; más tarde ciertas especies evolucionaron y se trasladaron a tierra. Los gasterópodos marinos poseen branquias. Los de tierra o de agua dulce carecen de ellas, por lo que aprovechan como saco pulmonar la llamada cavidad del manto. A fin de que el pulmón pueda conservar la humedad, el orificio respiratorio es muy estrecho. No todos los gasterópodos poseen concha; existen algunos tipos que carecen de

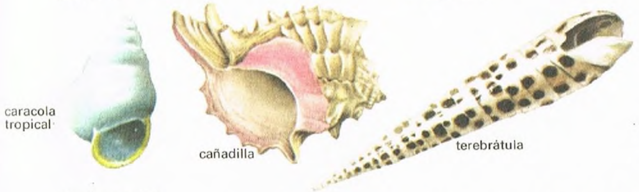
esta «vivienda», como ocurre con la babosa, que tan sólo dispone –y no por fuera, sino en su interior– de un residuo muy atrofiado de concha.
Los caracoles y babosas no han logrado adaptarse por completo a la vida en tierra. Necesitan humedad, por lo que, en períodos secos o fríos, se entierran hasta cierta profundidad. La mayoría de los gasterópodos terrestres viven en terrenos donde hay abundancia de árboles o plantas.
Muchos gasterópodos marinos se alimentan de otros moluscos, como almejas y ostras. Otros se alimentan de animalillos muertos, o de algas. Los terrestres suelen alimentarse de ciertas plantas, bayas y hongos. Casi todos los gasterópodos poseen una lengua córnea provista de numerosos dientes de quitina, con los que van arrancando trozos minúsculos de alimento. Muchos de estos gasterópodos terrestres son animales dañinos, ya que atacan ciertos cultivos.



Los gasterópodos terrestres son hermafroditas. Cuando dos animales se aparean, ambos segregan esperma y se fecundan mutuamente; más tarde depositan huevos, que entierran en terreno húmedo.

Durante la época invernal, los gasterópodos terrestres permanecen ocultos en su refugio. Aquellos que poseen concha se encierran en la misma y cubren la abertura con una capa de mucosidad que se endurece formando una tapa.





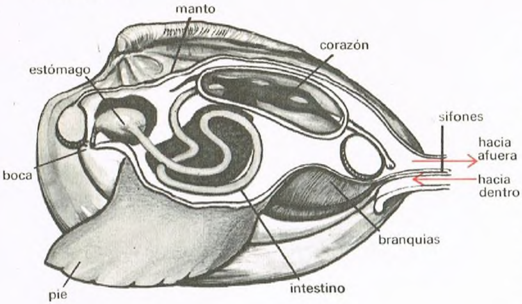
La naturaleza ha dotado de gran variedad de formas y de colores las conchas de los gasterópodos. En los mares tropicales, sobre todo, se encuentran gasterópodos con conchas muy bellas y de colores muy atractivos. Sus formas varían desde unas espirales muy complejas hasta la sencilla forma de taza.

cría de caracoles



Los caracoles constituyen un manjar muy apreciado en el sur de Europa. Estos animales se crían en unos viveros donde se alimentan con plantas. Se puede oír el ruido que producen los miles de pequeñas lenguas muy afiladas que roen las hojas de lechuga.





Las almejas y ostras, manjares delicados que depara el mar

Para el hombre, las almejas y ostras constituyen un alimento exquisito. Este grupo de moluscos es el que ha conseguido mayor importancia económica.
A diferencia de los gasterópodos, los lamelibranquios tienen un cuerpo simétrico. La concha suele rodear completamente el cuerpo del animal. Con algunas excepciones (las vieiras y ostras), la concha bivalva es simétrica. La cabeza, que se encuentra dentro del manto, está muy poco desarrollada. El borde del manto está dotado de tentáculos, y frecuentemente posee unos ojos simples.
En la masa visceral se encuentran, entre otros órganos, los aparatos circulatorio, digestivo y reproductor. El pie elástico, de grandes dimensiones, que puede sobresalir a través de la abertura entre las conchas, está orientado oblicuamente hacia adelante y hacia abajo. Estos animales suelen carecer de movilidad; sólo en contadas ocasiones se arrastran, lentamente, hasta otro lugar de fijación. En ciertas especies, p. ej. el mejillón, el pie segrega unos hilos adhesivos que sirven de elementos de fijación sobre las piedras o cuerpos similares. Algunos lamelibranquios carecen por completo de pie. Todos estos animales viven en el agua; la mayoría, en el mar. Pueden adaptarse a diferentes profundidades, pero generalmente se encuentran en los fondos litorales y a lo largo de las playas. Las almejas de agua dulce, a pesar de ser animales acuáticos, pueden recorrer cortas distancias sobre el terreno.

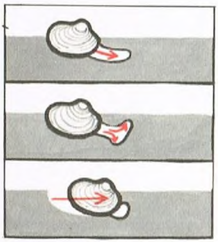
Los lamelibranquios, debajo de sus valvas, están cubiertos por un manto que posee, en su parte inferior, una sola abertura. En el recinto del manto, a ambos lados del pie, se hallan dos pares de branquias. El pie puede sobresalir por la abertura del manto.
En su borde dorsal las conchas se mantienen unidas por un ligamento, y pueden cerrarse por un músculo posterior y otro anterior. La ostra posee tan sólo un músculo retráctil situado en la parte central.



almeja (dos músculos de cierre)

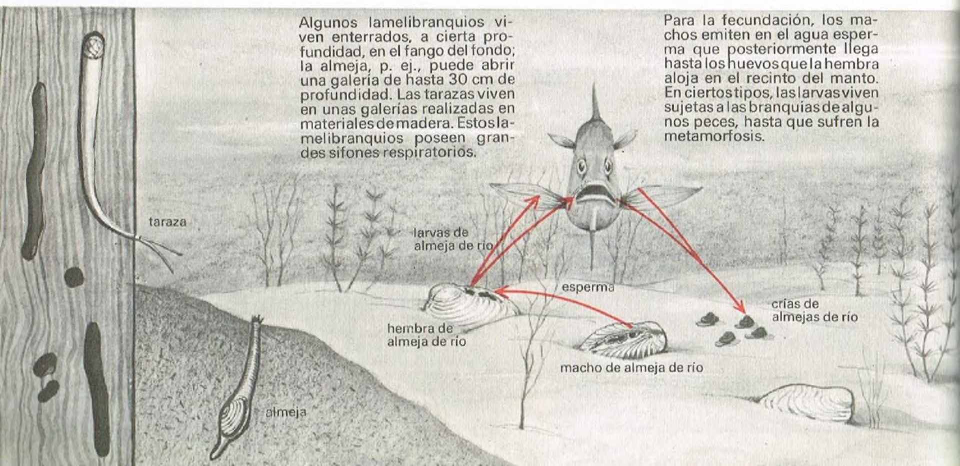


ostra (un músculo de cierre)



Los lamelibranquios se desplazan adelantando el pie. Este se hincha al llenarse de sangre y se fija en la arena, arrastrando la concha. Las vieiras pueden desplazarse a saltos, abriendo y cerrando rápidamente sus dos valvas.





Algunos lamelibranquios viven enterrados, a cierta profundidad, en el fango del fondo; la almeja, p. ej., puede abrir una galería de hasta 30 cm de profundidad. Las tarazas viven en unas galerías realizadas en materiales de madera. Estos lamelibranquios poseen grandes sifones respiratorios.

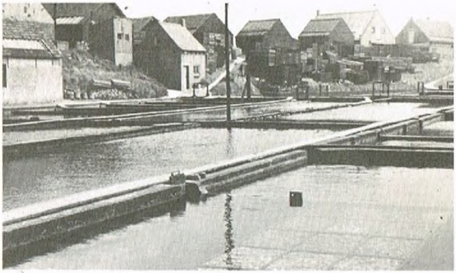
Para la fecundación, los machos emiten en el agua esperma que posteriormente llega hasta los huevos que la hembra aloja en el recinto del manto. En ciertos tipos, las larvas viven sujetas a las branquias de algunos peces, hasta que sufren la metamorfosis.

Los lamelibranquios poseen unas branquias que, al tiempo que les sirven para respirar, recogen las partículas nutritivas del agua y las transportan hasta la boca. El agua fluye constantemente por dentro del manto. Dicha agua es succionada y despedida por dos aberturas que, en ciertos lamelibranquios, se han desarrollado en forma de tubos largos, los sifones. La mayoría de los lamelibranquios son unisexuales. Un caso interesante lo constituye la ostra,que a lo largo de toda su vida posee, de forma alternativa, ambos sexos.

Al igual que en otros grupos, entre los lamelibranquios existen animales dañinos. A este grupo pertenece la taraza que, con ayuda de su concha atrofiada, sita en su parte anterior, se introduce, abriendo galerías, en cascos de madera de barcos, embarcaderos, etc. Pero la mayoría de los lamelibranquios son animales útiles. En los mares tropicales asiáticos existen madreperlas u ostras perlíferas. Las perlas auténticas se forman sin intervención humana. Para obtener las perlas cultivadas se introduce en la ostra una pequeña partícula sólida, alrededor de la cual se forma la perla.

En el terreno gastronómico, los lamelibranquios (almejas y ostras) ocupan un lugar primordial entre los demás moluscos. Anualmente se recogen varios millones de kilos de mejillones, almejas y ostras. Las ostras pueden encontrarse en todos los mares del mundo, principalmente en los que poseen elevada salinidad y temperatura cálida.

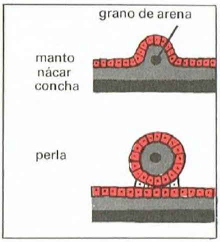
En algunas zonas de las costas de Europa occidental se cultivan ostras en bancos especiales.



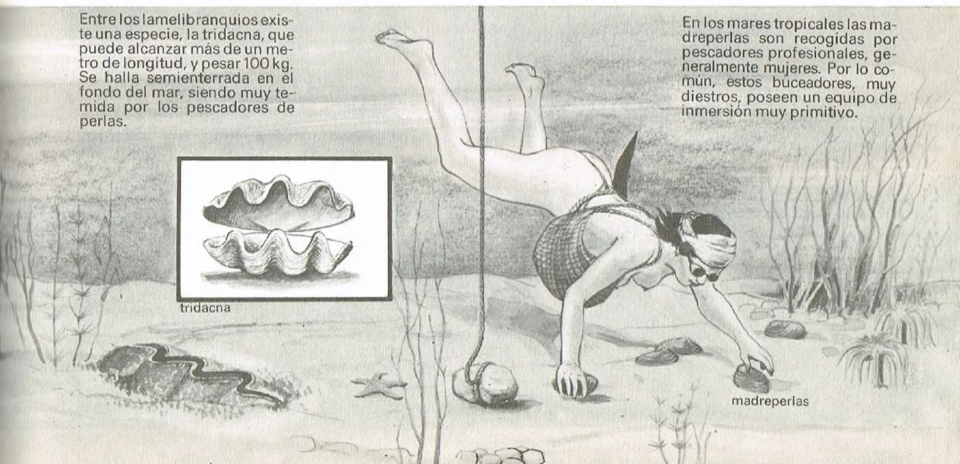


La ostra constituye un manjar exquisito; se cultiva en algunas costas de Europa occidental. Para poder abrir las dos valvas, es preciso cortar el músculo de cierre, que se encuentra en la parte media de la ostra.

Algunas ostras contienen perlas; éstas se forman entre el manto y la parte interior brillante de la concha. La formación de la perla tiene lugar cuando un granito de arena se introduce e irrita el manto. En un principio, éste forma una envoltura alrededor del granito; más tarde segrega unas capas muy finas de nácar, hasta formar finalmente la perla.

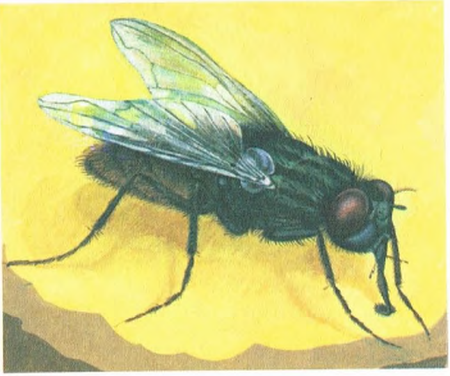






Entre los lamelibranquios existe una especie, la tridacna, que puede alcanzar más de un metro de longitud, y pesar 100 kg. Se halla semienterrada en el fondo del mar, siendo muy temida por los pescadores de perlas.

En los mares tropicales las madreperlas son recogidas por pescadores profesionales, generalmente mujeres. Por lo común, estos buceadores, muy diestros, poseen un equipo de inmersión muy primitivo.



MOSCAS Y MOSQUITOS

Chupadores de sangre y transmisores de enfermedades

Entre los insectos que mayores perjuicios ocasionan al hombre se encuentran los *dípteros,* o sea, los que comúnmente llamamos moscas y mosquitos. Los dípteros, como su nombre indica, poseen dos alas. En su cabeza, fuertemente fijada al tórax, pero que puede girar en muchos sentidos, se encuentran los grandes ojos compuestos y el aparato bucal, provisto de aguijón o de una trompa chupadora.

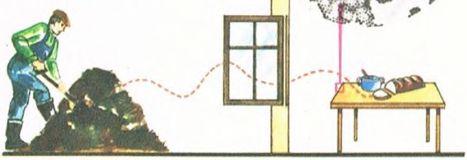
Las moscas comunes transmiten muchas enfermedades, como la tuberculosis, paratifus, etc. Otros tipos de moscas transmiten el cólera, la difteria y la enfermedad del sueño. Existen moscas que poseen boca masticadora y otras que chupan sangre; estas últimas constituyen, sobre todo en los trópicos, un verdadero azote.

Entre las moscas transmisoras de enfermedades figuran la moscarda, cuyas numerosísimas larvas crecen y se desarrollan en los estercoleros. Las alas del moscón verde y del moscón azul poseen un bello brillo metálico. Sus larvas viven en la carne podrida y en los excrementos. El

La mosca doméstica

La mosca doméstica, que en ocasiones se posa en la mesa del comedor, llega, muchas veces, procedente de un estercolero o un montón de basuras. La huella que deja una pata de mosca (microfoto de la derecha) puede contener millares de bacterias que se multiplican en los restos de comida.







La mosca tsetsé

La mosca tsetsé es el díptero que transmite la enfermedad más peligrosa. Este insecto, al succionar la sangre de las personas y animales, les transmite la enfermedad del sueño. El causante de la enfermedad es un protozoo, el tripanosoma que, cuando la mosca introduce su aguijón, penetra, junto a la saliva, en la herida. Esta saliva hace que la sangre, cuando es succionada por el aguijón, no se coagule. Posteriormente los tripanosomas viven y se multiplican en la sangre del animal picado. Los síntomas característicos de esta enfermedad son una somnolencia, cada vez mayor, que suele terminar en la muerte.

La mosca tsetsé causa muchas muertes entre los hombres y el ganado de las zonas tropicales de Africa. Hasta ahora no se ha logrado combatir de forma eficaz a estos insectos. Muchas zonas (en el mapa, marcadas en rojo) han llegado a ser prácticamente inhabitables, a causa de la presencia de las moscas tsetsé.

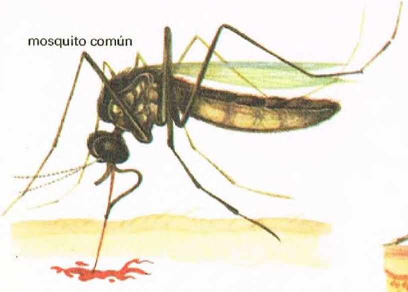


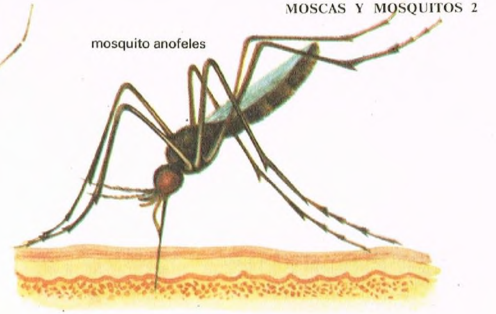
mosca tsetsé durante la succión



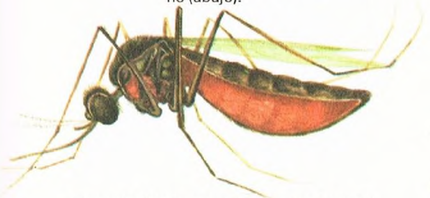
mosca tsetsé llena de sangre

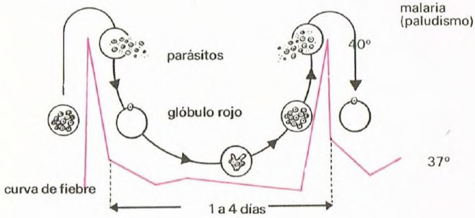






El mosquito común
La hembra del mosquito común posee un aparato bucal transformado en aguijón chupador, por medio del cual aspira sangre, hasta que su abdomen queda completamente lleno (abajo).





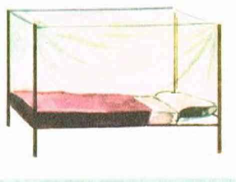
rezno del buey es un insecto perjudicial, ya que sus larvas se crían y desarrollan en el cuerpo del ganado. Con frecuencia, a estos insectos se les confunde con los tábanos, que son chupadores de sangre, pero que sólo producen un daño relativo. La mosca de la fruta *(Drosophila)* presta un gran servicio a la humanidad, ya que es quizás el insecto más utilizado en las investigaciones genéticas. Dentro de los dípteros, las moscas de las flores constituyen un grupo inofensivo.

En la mayoría de los *mosquitos,* sólo la hembra succiona sangre; el macho vive de la savia de plantas. Los mosquitos comunes se encuentran en numerosos países, pero son relativamente inofensivos. Emplean su trompa para localizar, por el olor, al animal o a la persona cuya sangre chupan, para lo cual introducen dicha trompa, en forma de aguijón, hasta una pequeña venilla superficial, de donde succionan la sangre. En los trópicos existen especies similares de mosquitos muy peligrosas, por transmitir la fiebre amarilla y la malaria.

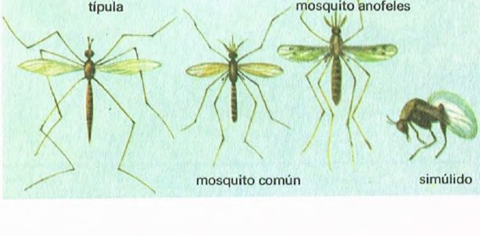
Los simúlidos constituyen un grupo de mosquitos pequeños, chupadores de sangre, que a veces se presentan en número muy elevado, pudiendo llegar a matar a sus víctimas. Hacia 1900, millares de animales domésticos y salvajes murieron, en el sur de Europa, a causa de la picadura de estos insectos. Entre los mosquitos inofensivos figuran las delicadas típulas y los quironomos que, como una nube, pululan en torno a los arroyos y ríos.

El mosquito de la malaria
El mosquito anofeles se caracteriza por mantener su abdomen en un elevado ángulo respecto a la piel de la víctima cuya sangre aspira. Con la saliva del mosquito penetran en los glóbulos sanguíneos unos parásitos unicelulares que, una vez se han multiplicado en el interior de los glóbulos rojos, los rompen. Entonces el enfermo se siente aquejado de fiebre y escalofríos. Los parásitos liberados penetran en nuevos glóbulos, extendiéndose así la enfermedad.





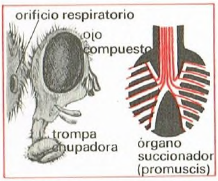
La malaria aparece principalmente en las zonas pantanosas, ya que las larvas del mosquito anofeles se desarrollan en aguas estancadas. Se acostumbra a combatir estas larvas, por medio del drenaje, o por fumigación, generalmente desde aviones. Para protegerse, durante la noche, contra este mosquito, es necesario cubrir con una mosquitera la cama.





Multiplicación prodigiosa

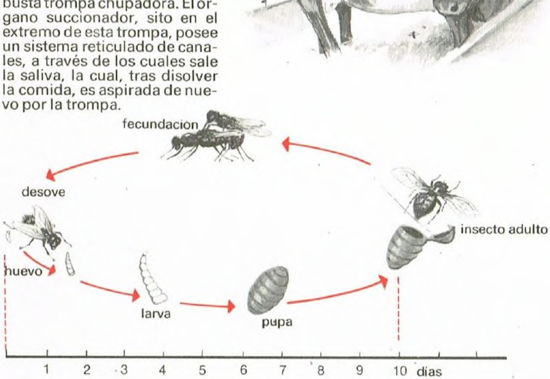
Tanto las moscas como los mosquitos se multiplican de forma extraordinaria y llegarían a cubrir toda la Tierra, a no ser porque sus enemigos devoran a la mayoría de ellos. Sirven de alimento a otros muchos animales, sobre todo a los pájaros, lo que, junto a las medidas que el hombre ha adoptado para combatirlos, hace que sólo sobreviva una pequeña parte de cada generación de moscas y mosquitos. Con todo, sobreviven en número suficiente como para encontrarse por doquier, ocasionando serias molestias a los hombres y a los animales. Particularmente en los trópicos, las moscas, durante el día, y los mosquitos, por la noche, constituyen un verdadero azote. Los dípteros poseen la llamada metamorfosis compuesta, es decir, pasan por los estados de huevo, larva, ninfa y adulto. La multiplicación de los insectos se realiza más rápidamente si la temperatura es alta; según sea ésta, en una mosca doméstica, p. ej., el estadio de larva dura de cuatro días a tres semanas, y en un mosquito, de cuatro días a cinco semanas. Las larvas carecen de patas y, a veces

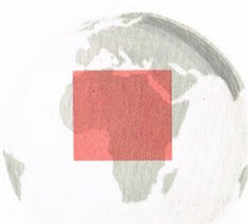


Representación ampliada de una mosca
La mosca común posee grandes ojos compuestos y una robusta trompa chupadora. El órgano succionador, sito en el extremo de esta trompa, posee un sistema reticulado de canales, a través de los cuales sale la saliva, la cual, tras disolver la comida, es aspirada de nuevo por la trompa.



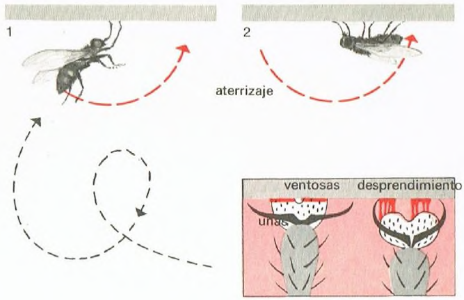
Multiplicación de la mosca
De invierno a verano, una mosca puede llegar a tener una descendencia de 25 millones.
En la primavera, la hembra vuela hasta un establo o estercolero, donde deposita centenares de huevos. Las larvas salen de ellos, al cabo de un solo día; tras la metamorfosis, se transforman en nuevas moscas que continúan esta multiplicación explosiva.
Afortunadamente las moscas tienen una vida breve y siempre se ven acechadas por innumerables enemigos. Si una mosca y su descendencia viviesen durante todo un año, podrían cubrir, colocándose unas junto a otras, toda la superficie de Africa.





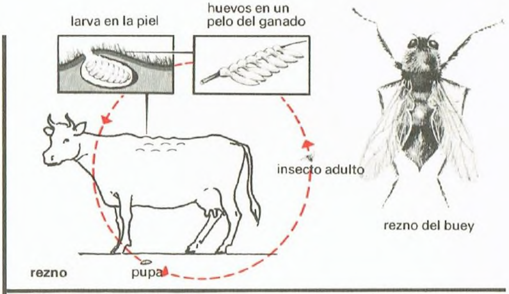
–como sucede con las de los mosquitos–, poseen una cabeza muy característica. Los dípteros son uno de los grupos de insectos con mayor número de especies, aun cuando resulten difíciles de diferenciar, ya que carecen de unas características ostensibles de identificación. La mayoría de ellos poseen un *par de alas* (el otro se ha transformado en un par de balancines), una cabeza –que puede girar en muchos sentidos– con dos grandes ojos compuestos y tres ocelos, un aparato bucal chupador o provisto de aguijón, y seis patas, en cuya articulación final hay dos garras y dos almohadillas adhesivas. Durante su desarrollo, algunas especies de dípteros pierden sus dos alas; estos dípteros no voladores tienen un aspecto muy distinto del de las moscas y mosquitos comunes.

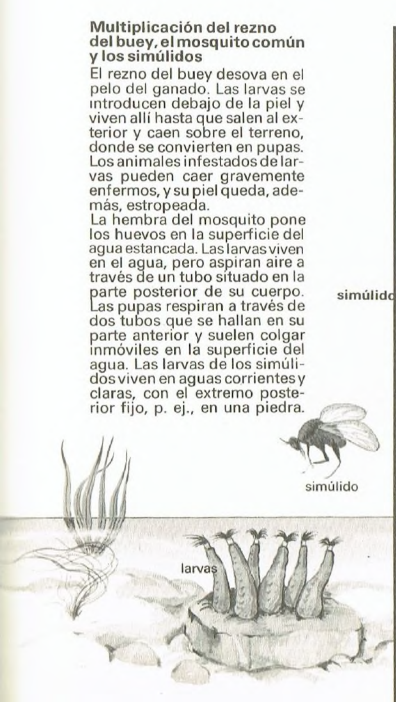
Con relación a otros grupos de insectos, los dípteros no están muy avanzados en el aspecto evolutivo. A pesar de ello, gracias a su rapidísima multiplicación y a que son transmisores de enfermedades peligrosas, podrían llegar a perjudicar seriamente al hombre, si no fuera porque gran parte de ellos son devorados por sus enemigos naturales.

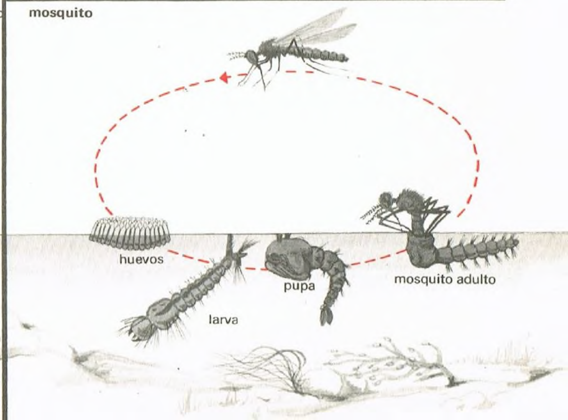


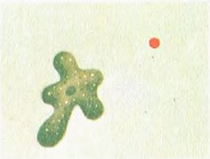
«Aterrizaje» de la mosca
Es asombrosa la capacidad que las moscas tienen para posarse, cabeza abajo, en los techos, o para desplazarse, en esa posición, por ellos. Podríamos pensar erróneamente que pueden volar cabeza abajo. El método que la mosca utiliza para posarse en el techo ha podido seguirse con ayuda de un tomavistas moderno. Las patas de la mosca llevan dos ventosas y dos garras. Cuando va a posarse, fija en el techo las patas delanteras y balancea contra el mismo el resto del cuerpo, quedándose adherida por las ventosas viscosas de las patas. Posteriormente puede pasearse por el techo, sin caer, gracias a la acción suctora de las mencionadas almohadillas. Cuando la mosca quiere abandonar el techo, desprende, con ayuda de las uñas, las ventosas, según muestra la figura de arriba.

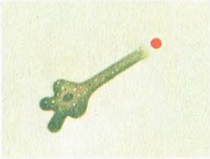
Multiplicación del rezno del buey, el mosquito común y los simúlidos
El rezno del buey desova en el pelo del ganado. Las larvas se introducen debajo de la piel y viven allí hasta que salen al exterior y caen sobre el terreno, donde se convierten en pupas. Los animales infestados de larvas pueden caer gravemente enfermos, y su piel queda, además, estropeada.
La hembra del mosquito pone los huevos en la superficie del agua estancada. Las larvas viven en el agua, pero aspiran aire a través de un tubo situado en la parte posterior de su cuerpo. Las pupas respiran a través de dos tubos que se hallan en su parte anterior y suelen colgar inmóviles en la superficie del agua. Las larvas de los simúlidos viven en aguas corrientes y claras, con el extremo posterior fijo, p. ej., en una piedra.





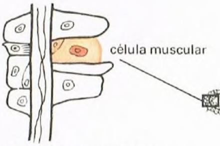






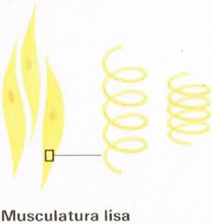


El animal entero es un ‹‹músculo››
En la amiba, que es unicelular, no existen zonas musculares diferenciadas. En las ilustraciones se advierte cómo puede desplazar cualquier parte de su masa celular hasta una partícula de alimento, rodearla y absorberla. Aisladas, la mayoría de las células pueden moverse al modo de las amibas.





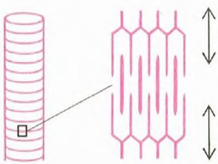
Células musculares especializadas
En la hidra –pluricelular pero simple– se ha producido cierta especialización. Determinadas células se encargan de la movilidad, de modo que se pueden llamar células musculares. Al moverse estas, se desplazan también las células adyacentes, y la hidra cambia de forma.





Musculatura lisa
Una forma sencilla de musculatura, propia de los organismos superiores, es la musculatura lisa (amarilla). Sus células contienen moléculas helicoidales de proteína capaces de contraerse. Las vísceras, por ejemplo, poseen musculatura lisa.

Musculatura estriada
En el corazón y en los músculos esqueléticos existe la llamada musculatura estriada (en rojo). Observadas al microscopio, las fibras de ésta presentan estrías transversales. Las contracciones se producen gracias al deslizamiento de moléculas de proteína, y son muy rápidas, a diferencia de las de la lisa.



MUSCULOS Y ESQUELETO

Los órganos del movimiento

Una de las propiedades que caracteriza a las células vivas es la movilidad. En los organismos *unicelulares*, ésta es inherente a la célula. Sin movilidad, estos organismos no podrían vivir, ya que no les sería posible buscar alimento ni huir de los enemigos.

En los organismos *pluricelulares* no reviste tanta importancia el que cada una de sus células pueda moverse. Muchas células de estos organismos, p. ej. las que constituyen los tejidos compactos del cuerpo, han perdido casi por completo su movilidad. En cambio, otras, las *células musculares*, además de conservarla, se han especializado en trabajos mecánicos.

No se conoce con exactitud el mecanismo en que se basa el movimiento de los animales unicelulares. Sin embargo, en todas las células musculares, desde las sencillas de la hidra hasta las altamente especializadas de los artrópodos y vertebrados, la movilidad y la capacidad de trabajo mecánico se fundan en un mismo principio, o sea, la contracción de moléculas o de conjuntos de moléculas de proteína.

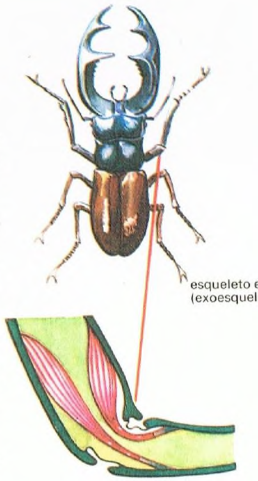
En las células musculares primitivas, por ejemplo en la musculatura *lisa*, se encuentran fibras de proteína que se pueden contraer. Se supone que estas fibras se componen de moléculas helicoidales que se contraen al recibir determinados estímulos, dando lugar a la contracción de todo el músculo. Este, a su vez, arrastra en su movimiento al tejido que le rodea, ya que se halla fijado a él. La musculatura lisa se halla en los puntos del cuerpo en los que se requieren contracciones de larga duración, p. ej. en los intestinos, y se caracteriza por sus contracciones lentas y prolongadas.

Allí donde se exigen movimientos rápidos, p. ej. en la musculatura del corazón y en los músculos del esqueleto, existe otra clase de fibras musculares, las llamadas *estriadas*. El movimiento de estas fibras se produce por el ensamblado y separación alternativos de moléculas de proteína, con lo que el músculo se contrae o se relaja.

Un organismo pluricelular, cuyos músculos pueden moverse en varias direcciones, necesita estabilidad. Esta puede propórcionarla un *esqueleto externo*, o caparazón, o bien un armazón o *esqueleto interno*. El primero ofrece mayor resistencia que el segundo, pero es mucho más pesado. No es pura casualidad que los animales con esqueleto interno puedan llegar a ser mucho mayores que los que poseen esqueleto externo.



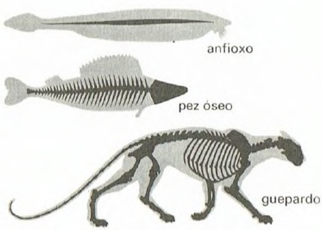
Esqueleto externo e interno
Muchos invertebrados, como el protozoo y el escarabajo de la ilustración, poseen una cáscara exterior dura. En cambio, los vertebrados poseen una armazón ósea interna, revestida con músculos y piel.
En los animales de esqueleto externo los músculos pueden desarrollar una acción de «palanca» mucho más potente que en los de esqueleto interno. A mayor longitud de los brazos de la palanca, mayor es el esfuerzo desarrollado. Una hormiga puede levantar una rama de peso mucho mayor que el suyo. En el caso de un esqueleto interno, se desarrolla menos fuerza. Un hombre, para levantar un tronco de peso proporcional al de la rama, debe recurrir a máquinas.



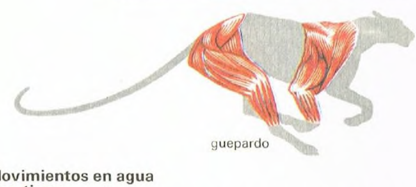








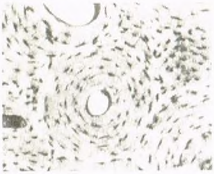




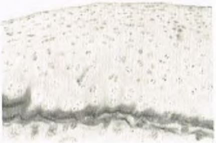
De la cuerda dorsal a la columna vertebral
El esqueleto interior de los vertebrados procede de la simple cuerda cartilaginosa dorsal del anfioxo, pasando por el esqueleto cartilaginoso, más complejo, de los tiburones, y el esqueleto, de hueso, de los peces óseos.

Movimientos en agua y en tierra
En los vertebrados, dotados de extremidades, la estructura del esqueleto es muy similar, aun en animales de muy distintos grupos, a pesar de algunas variaciones producidas por la adaptación al modo de vivir.

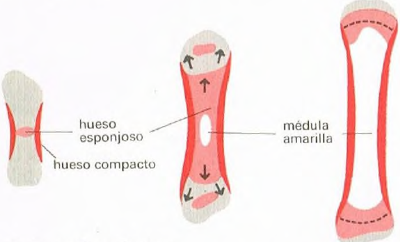
Los movimientos sobre tierra requieren un esqueleto bien desarrollado, cuyos músculos posean puntos firmes de sujeción, cosa que no se requiere en el agua, ya que ésta sustenta y mantiene en flotación.



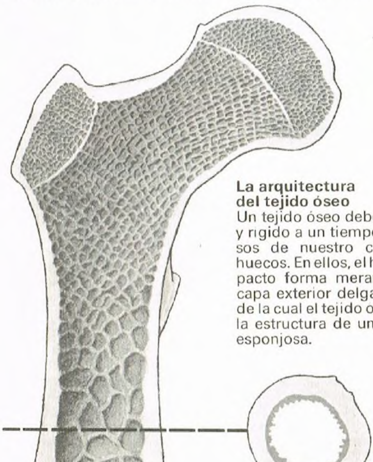
Hueso
Las células del tejido óseo están unidas por largas ramificaciones. El tejido está regado por numerosos vasos sanguíneos, lo que lo hace accesible a los medicamentos. Su dureza se debe a la precipitación de fosfato cálcico alrededor de las fibras conjuntivas.



Cartílago
Debe su firmeza a una sustancia intercelular llamada condrina, que segregan las células del tejido cartilaginoso, y que las rodea y separa. Este tejido está pobremente irrigado por la sangre, por lo que los medicamentos no lo alcanzan apenas.



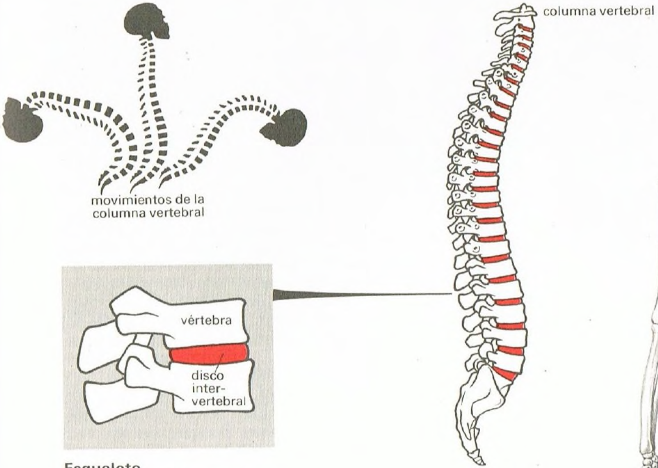
Crecimiento de un hueso
Inicialmente, la mayoría de los huesos del cuerpo están formados por cartílago. Pronto empiezan a crecer en ellos vasos sanguíneos; posteriormente se va formando un tejido oseo primitivo (centro de osificacion) que se extiende desde el centro hacia ambos extremos. En éstos aparecen también centros de osificación. El tejido óseo, a medida que va desarrollándose, destruye el cartílago (en gris). Pero sobre los extremos se forma una nueva capa de cartílago. A la edad de 20-25 años cesa la transformación del cartílago. Los tejidos óseos del centro se fusionan con los de los extremos y termina el crecimiento longitudinal.

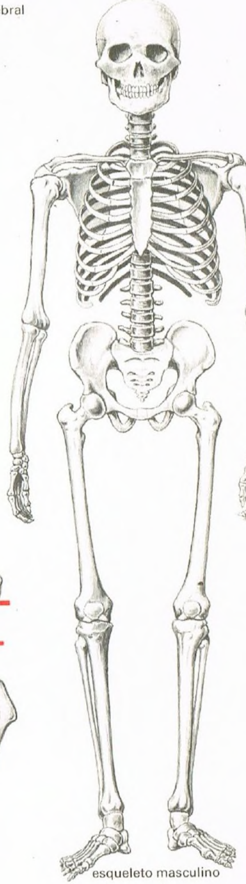


La arquitectura del tejido óseo
Un tejido óseo debe ser ligero y rigido a un tiempo. Los huesos de nuestro cuerpo son huecos. En ellos, el hueso compacto forma meramente una capa exterior delgada, dentro de la cual el tejido oseo adopta la estructura de una armazón esponjosa.

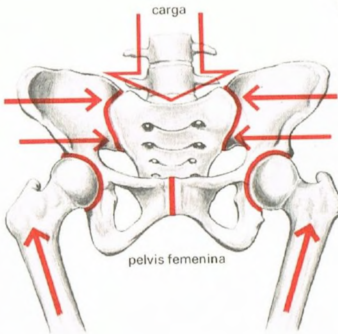
El esqueleto

No es tan simple como parece dotar al cuerpo de un tejido compacto que le sirva de sostén. Es preciso que el tejido óseo posea condiciones especiales. Ha de crecer al mismo ritmo que el cuerpo. Ha de resistir, en cada momento y en cada posición del cuerpo, toda clase de cargas. Ha de poderse transformar y reforzar para hacer frente a nuevos tipos de esfuerzo, por ejemplo, cuando uno se entrena para un determinado deporte. Además, el esqueleto es para el cuerpo un almacén de calcio, sustancia vital para el perfecto funcionamiento de los nervios y músculos. A fin de poder suministrar calcio a la sangre, el tejido óseo ha de estar en contacto permanente con las vías sanguíneas. El contacto entre la sangre y los huesos es importante también por otra razón: en el interior de éstos se halla la médula ósea, el más importante órgano hematopoyético del cuerpo, que suministra continuamente nuevos glóbulos sanguíneos.
La solidez del tejido óseo se consigue de una manera muy ingeniosa. Alrededor de sus fibras de tejido conjuntivo se precipitan cristales de fosfato cálcico. Por tanto, el tejido óseo se forma según el mismo principio que el hormigón armado, en el que los hierros de la armadura dotan al hormigón, quebradizo, de flexibilidad y resistencia.
Nuestro esqueleto se encuentra en constante transformación. Algunas de las células de los huesos producen constantemente nueva osamenta, mientras que otras destruyen la que ya no es necesaria. En las personas afectadas de parálisis grave, los huesos inmovilizados degeneran lentamente. En cambio, mediante un enérgico entrenamiento, la osamenta crece y se fortalece.
Pero a la solidez hay que añadir la movilidad. El esqueleto humano se compone de 100 partes unidas formando articulaciones movibles o suturas más o menos rígidas. Los huesos del cráneo están unidos entre sí; esta unión tiene lugar durante el segundo año de vida, ya que en el parto ha de poderse deformar el cráneo del niño. El parto también se ve facilitado porque se aflojan las suturas de la pelvis de la mujer.
Estos ejemplos demuestran que el esqueleto puede adaptarse a diferentes exigencias. En las articulaciones y suturas hay robustos refuerzos de tejido conjuntivo. Las articulaciones están rodeadas por las llamadas cápsulas articulares, dotadas de unos refuerzos resistentes, los ligamentos. La estructura del esqueleto es tan racional que puede calificarse de obra maestra de ingeniería.

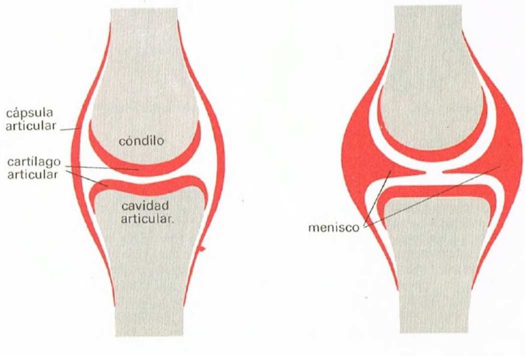


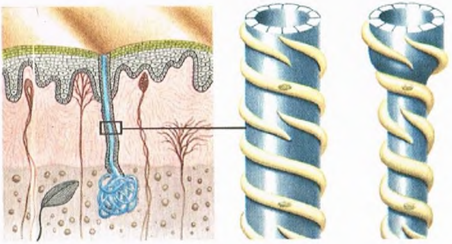


Esqueleto
El esqueleto está integrado por una gran cantidad de pequeños componentes, unidos por articulaciones y sujetos por ligamentos, lo que le permite una gran movilidad. Entre las vértebras de la columna vertebral, p. ej., se encuentran unos discos elásticos, y, además, cada vértebra está unida a las adyacentes, por articulaciones; todo ello le proporciona una gran flexibilidad.
Las cinco vértebras que forman el sacro están intercaladas, en la pelvis, en forma de cuña orientada hacia abajo (a la derecha). Gracias a esta estructura todo aumento de carga en la espalda hace que la columna vertebral quede mas firmemente sujeta por los huesos de la pelvis. La pelvis femenina es más ancha que la masculina.

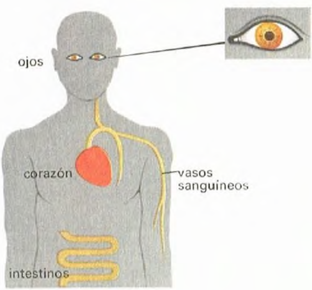


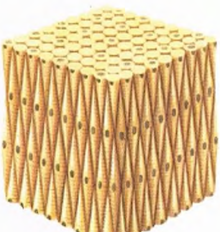
Articulaciones
La movilidad del esqueleto se debe a las articulaciones. A la izquierda se ilustra la estructura fundamental de las articulaciones: el extremo de uno de los huesos es convexo (cóndilo) y el otro, cóncavo (cavidad articular).
Para su protección y refuerzo, la articulacion está rodeada por una cápsula de tejido conjuntivo, reforzada por ligamentos, en cuyo interior se segrega la sinovia, de accion lubricante; las superficies lisas del cartílago articular actuan como cojinetes. En ciertas articulaciones, en que una de sus superficies tiene perfil redondo y la otra, plano, existe un menisco entre las caras de la articulación (a la derecha).



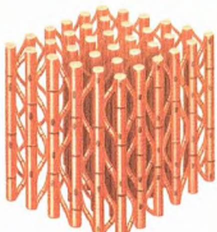


Músculos primitivos
Diversos tipos de células se caracterizan por poseer movilidad y capacidad para realizar trabajo mecánico. Muchas glándulas, como las sudoríparas, llevan en su tubo una serie de células capaces de contracción. Son de forma alargada y se componen de moléculas contráctiles de proteína. Estas células se enroscan en torno al tubo de la glándula y, cuando se contraen, el contenido de éste se evacua. Por ejemplo, el que la frente se nos cubra de gotas de sudor se debe a la acción de estos pequeños y primitivos músculos.





musculatura lisa



músculo cardíaco (miocardio)

Un músculo de tipo especial
La disposición del músculo cardíaco es similar a la del músculo liso, pero las células del primero presentan estructura estriada esquelética. En la musculatura lisa, p. ej., de la pared intestinal, o de los vasos sanguíneos (a la izquierda), cuyas células se encuentran mezcladas con fibras de tejido conjuntivo, una contracción de aquéllas ocasiona la de éste. En la musculatura cardíaca (a la derecha) las células están unidas por sus extremos (rayas transversales negras). Cada latido del corazón provoca un cambio de la forma de todo el miocardio. La musculatura del corazón está estructurada según el mismo principio que la musculatura lisa, pero posee la rapidez de la musculatura esquelética.

Los músculos

La musculatura del cuerpo está integrada por todo tipo de tejidos capaces de contraerse y de realizar trabajo mecánico; estos tejidos no sólo se encuentran en los músculos del esqueleto sino también en otras partes del cuerpo, p. ej., en muchas glándulas y en el iris del ojo. Las células musculares primitivas se hallan aisladas, en contacto directo con el tejido, y carecen de tendones.

Un grado superior de organización caracteriza a la llamada *musculatura lisa*. Se la denomina así para distinguirla de la musculatura estriada, ya que, a diferencia de ésta, no presenta estrías transversales, al microscopio. La musculatura lisa se encuentra en primer lugar en los órganos tubulares, p. ej., el tubo digestivo y los vasos sanguíneos, cuyo diámetro debe modificarse. Esta musculatura es controlada por impulsos nerviosos, pero es independiente de la voluntad. La musculatura lisa trabaja con suma lentitud y realiza contracciones prolongadas, con escaso consumo de energía. No sería, pues, idónea para mover, p. ej., las piernas o los brazos.

Un tejido del que se exigen contracciones precisas y rápidas es el músculo del corazón, el miocardio. Su organización es similar a la de la musculatura lisa, pero las fibras individuales poseen la misma estructura que las de la musculatura estriada. La forma de trabajar de una fibra de este tipo se caracteriza por la rapidez. Una contracción puede producirse en algunas centésimas de segundo.

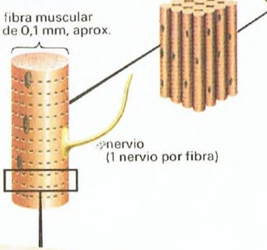
Los *músculos esqueléticos*, de acción rápida, tienen una organización mucho más compleja que los restantes tipos. Durante el desarrollo del músculo las células quedan soldadas unas a otras formando largas hileras de fibras musculares estriadas, a menudo tan largas como el músculo propiamente dicho. Para que las fibras musculares puedan ejercer su acción sobre las partes del esqueleto a las que está ligado el músculo, se hallan envueltas en unas vainas de tejido conjuntivo entretejidas en forma de tendones. Para trabajos rápidos los músculos emplean como combustible hidratos de carbono; para trabajos más lentos, consumen materias grasas.

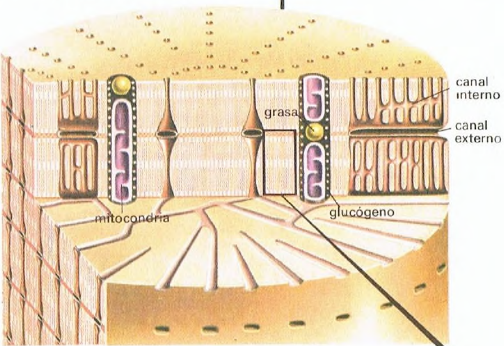
Una fibra de la musculatura esquelética se cansa pronto. Por ello, la contracción de cada una de ellas es de corta duración, pero, como las contracciones se suceden con rapidez y las fibras se relevan continuamente, el trabajo muscular se desarrolla, según los casos, con una parte mayor o menor de fibras. Por ello nuestros movimientos resultan tan suaves y acompasados.

Un músculo sujeto por tendones

La musculatura esquelética se compone de más de quinientos músculos. Estos están sujetos al hueso, mediante recios tendones que, al contraerse el músculo, arrastran en su movimiento al hueso.
El flexor del brazo, el bíceps, dispone de largas fibras musculares que se prolongan de un extremo a otro del músculo. Puede contraerse hasta la mitad de su longitud normal, pero no desarrolla una fuerza notable. Un músculo con fibras más cortas, dispuestas al modo de las barbas de una pluma, por ejemplo el músculo recto anterior del muslo, no puede contraerse tanto; en cambio tiene más fuerza.
Las pequeñas unidades de trabajo de la fibra muscular estriada (abajo) están sistemáticamente ordenadas en hileras. Dentro de las fibras se encuentran alineadas las mitocondrias, que producen energía. Están rodeadas por los dos combustibles principales: hidratos de carbono (glucógeno) y grasa. La fibra está recorrida por un sistema interior y exterior de canales. Estos sirven para transportar los combustibles, los productos de la combustión, y las señales nerviosas.



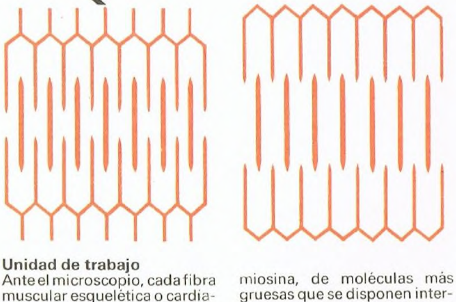






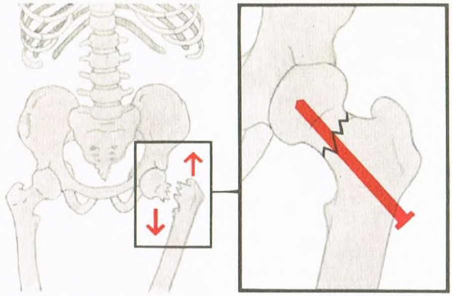
El nervio de la fibra muscular

El músculo, para trabajar, debe recibir impulsos nerviosos. Cada fibra de un nervio motor comunica, mediante una placa terminal, con la superficie de su fibra muscular respectiva. Cada impulso nervioso libera acetilcolina en esta placa, provocando la contracción.



Unidad de trabajo

Ante el microscopio, cada fibra muscular esquelética o cardiaca aparece estriada. Ello se debe a que los haces de moléculas proteicas del músculo se disponen regularmente. Estas moléculas corresponden a dos sustancias, la actina, que forma fibras delgadas, y la miosina, de moléculas más gruesas que se disponen intercaladas, pudiendo deslizarse unas entre otras. Una mayor aproximación entre ellas corresponde a la contracción. A la izqda., la unidad de trabajo contraída; a la derecha, en estado relajado.

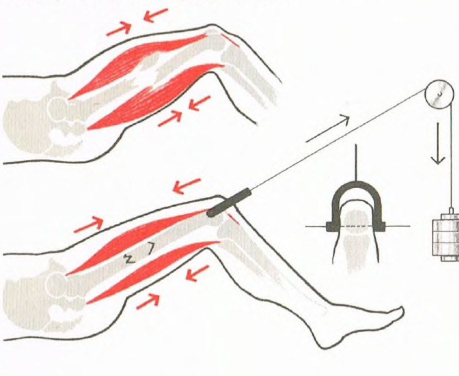


Cuello del fémur, fractura y unión con perno

Una de las fracturas óseas que tiene lugar con más frecuencia en las personas de edad avanzada es la del cuello del fémur. A medida que se envejece el tejido óseo se va haciendo cada vez más frágil. El enfermo debería guardar, en estos casos, reposo absoluto durante un tiempo demasiado largo, el necesario para que la fractura se curase de modo que fuese capaz de soportar peso.
Pero el cirujano puede insertar en el hueso un perno, a fin de unir en posición correcta los huesos. En este caso, el mismo día de la intervención el enfermo puede empezar a mover la pierna.

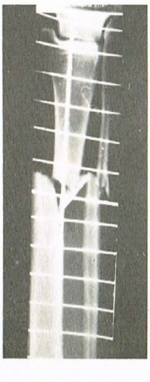
Daños en el esqueleto y articulaciones

Pocas veces se nos ocurre pensar que el tejido óseo y el esqueleto están estructurados para soportar enormes tensiones. El tejido de nuestros huesos se renueva constantemente para hacer frente a nuevas tareas. En las articulaciones, el cartílago articular y la sinovia desempeñan el papel de cojinetes automáticos y autolubricantes. Las cápsulas de las articulaciones alojan también unos receptores sensibles a la flexión y a la tracción, que dan una señal de alarma cuando el conjunto es sometido a un esfuerzo excesivo. Sería muy difícil reproducir con material artificial este mecanismo tan ingenioso.
Pero, a pesar de esta estructura tan perfecta, las articulaciones y los huesos pueden sufrir lesiones, si se someten a esfuerzos muy intensos. Cuando un hueso cede ante el esfuerzo se produce una *fractura ósea*. Esta puede ser una simple fisura; en otros casos la fractura es total, y, en ocasiones, se producen las llamadas fracturas abiertas, en las que los fragmentos angulosos de los huesos fracturados pueden llegar a cortar la piel.
En los niños, cuyos tejidos se hallan todavía en estado de crecimiento y pueden cambiar de forma, las fracturas óseas se curan con relativa facilidad. En los adultos es necesario realizar un ajuste mucho

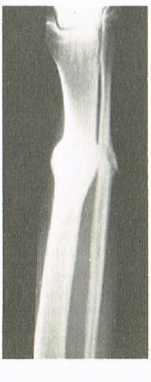


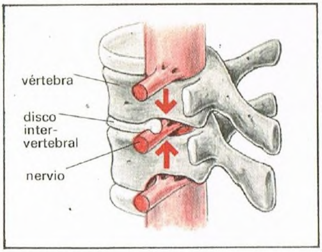
Tratamiento por tracción (a la izquierda)
En el caso de una fractura del fémur los potentes músculos de éste provocan una aproximación de los huesos (imagen superior). Si el hueso se curara en esta posición la pierna quedaría acortada. Por ello, es necesario tensar el fémur, con ayuda de un cable y un peso (imagen inferior).

Fractura ósea complicada
El tejido óseo posee una extraordinaria facultad de curación. En la primera foto se muestra una pierna rota; los extremos de sus huesos se han separado dejando la pierna en una posición anormal (las rayas transversales son los alambres de la férula). El cirujano ajusta los huesos. Normalmente la pierna rota se inmoviliza con un vendaje de yeso (segunda foto). La rotura ha provocado una hemorragia, y dentro del hematoma se desarrolla lentamente un nuevo tejido óseo. En un principio la concreción es basta y abultada; luego se va reduciendo de modo que, terminada la curación, apenas se aprecian las superficies fracturadas (foto tercera).









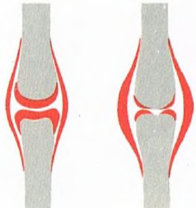
Ciática
La ciática es una enfermedad muy dolorosa y molesta. Se produce cuando alguna de las ramas del ciático queda comprimida al salir por el estrecho orificio existente entre los arcos de las vértebras. La ciática suele ser originada por un aplastamiento del disco de cartílago entre dos vértebras, permitiendo una aproximación excesiva de éstas. El nervio puede igualmente quedar comprimido por una hernia del disco (arriba), debida a una debilitación de la cápsula de éste.





No castigar la espalda
Hay personas que constantemente padecen molestias en la espalda. Las personas que realizan un trabajo sedentario no entrenan suficientemente los músculos de la espalda. Cuando se trata de levantar un peso y se utilizan para ello los músculos de las piernas, la espalda completa excelentemente la acción interviniendo como una columna flexible, pero es nocivo utilizar la espalda como palanca elevadora, con un solo punto de apoyo.

más exacto de los extremos fracturados, para que la concreción se produzca sin deformaciones. El tejido óseo de los ancianos es frágil, por lo que sus fracturas resultan difíciles de curar. Pero en estos casos se pueden emplear diversos vástagos y tornillos metálicos, tolerados por los tejidos, obteniéndose así la rigidez necesaria para que el hueso cumpla su misión.
Los traumatismos más frecuentes de las articulaciones son los *esguinces* y las *luxaciones (dislocaciones)*. Esta clase de lesiones se producen si la articulación rebasa los límites normales de su movimiento, como sucede cuando se pisa con el pie torcido. Un esguince consiste en leves roturas de los ligamentos o fibras musculares próximas, permaneciendo la articulación dolorida e hinchada por algún tiempo. Cuando una articulación sufre una luxación, con separación de las superficies articulares, las roturas son más graves y es preciso mantener en reposo la articulación, después de efectuada la reducción, durante mucho más tiempo que en el caso de un esguince. *La artrosis*, sumamente dolorosa, es una enfermedad común entre los ancianos. Su causa es la degeneración del cartílago articular. La *artritis reumática*, inflamación reumatoidea de las articulaciones, afecta a numerosas personas, originando graves estados de invalidez.





Artrosis
En una articulación sana (izquierda) hay siempre una capa nutrida de cartílago articular. Pero en personas de edad avanzada, el cartílago se desgasta con mayor rapidez que se forma. Se produce rozamiento entre hueso y hueso. Los movimientos resultan dolorosos y a veces es preciso inmovilizar una articulación.



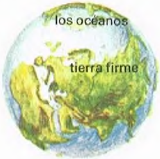
Reumatismo
En la artritis reumática se inflama la articulación. La cápsula articular se hincha y el hueso es corroído. La articulación puede quedar inútil.





Factores ambientales en la naturaleza
La expresión factores ambientales alude a los que influyen en los organismos vivos. La temperatura, los vientos, las precipitaciones y el suelo desempeñan una importante función para los seres vivientes.

Con la luz solar las plantas crean materias nutritivas, tomando del aire dióxido de carbono. Todos los animales viven de las plantas, bien directamente, como los herbívoros, o indirectamente, como los carnívoros.



La biosfera
El concepto «biosfera» abarca, en general, el conjunto de los seres vivientes. La vida en el globo se divide en tres grandes unidades: la que existe en la corteza terrestre, en el agua y en el aire. Cada una de estas grandes unidades se divide, luego, en otras menores llamadas ecosistemas.



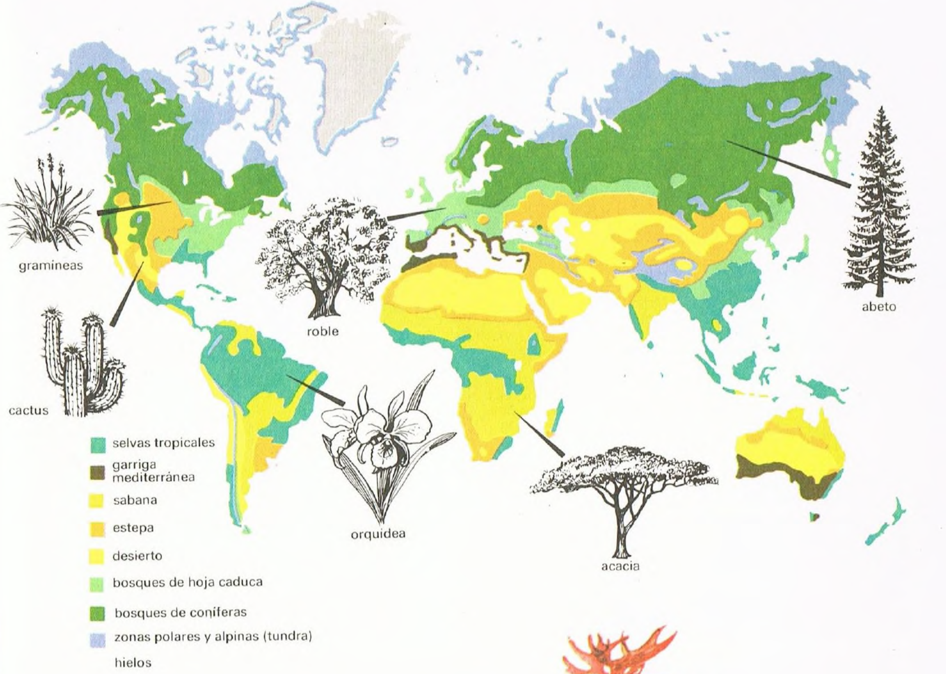


Los distintos ecosistemas
En cada región natural hay numerosos ecosistemas. En el lago (arriba), p. ej., reina una continua interacción entre la materia inorgánica, los vegetales y algas productoras de sustancias nutritivas, los animales herbívoros y los de presa, y los microorganismos, que descomponen las sustancias orgánicas. Otro ejemplo es la selva tropical (abajo).

NATURALEZA

Regiones naturales

Las condiciones ambientales determinan en gran medida la composición animal y vegetal del globo terrestre. La extensión de las distintas especies está regulada por los llamados *factores ecológicos,* como la *luz,* las *condiciones de temperatura* y las *posibilidades de sustento.*
Todos los organismos vivientes de la Tierra constituyen la llamada *biosfera.* Este término no comprende, en general, la materia muerta e inorgánica que rodea a los seres vivos. El medio ambiente terrestre se divide en tres grandes elementos que albergan la vida: *el suelo, el agua* y *el aire.* Los organismos se encuentran en una relación de dependencia entre sí y a su vez dependen de la materia inorgánica que los rodea. Las plantas emplean materia muerta para su nutrición orgánica, con ayuda de la energía solar. Este proceso beneficia directamente a los animales herbívoros e indirectamente a los carnívoros. En las innumerables cadenas de nutrición que tienen lugar en la naturaleza, los vegetales cumplen la función de productores y los animales la de consumidores. Las diferencias entre unas cadenas de nutrición y otras dependen del lugar que ocupan en la biosfera.
Ninguna especie vegetal o animal puede existir en todos los puntos del globo; su desarrollo está siempre más o menos limitado a ciertas regiones y con frecuencia no abarca una región amplia, sino que se presenta sólo en ciertas partes de ésta, por ejemplo en los lagos o en las montañas. Los seres vivientes de una zona forman, junto con el ambiente que les rodea, lo que se llama un *ecosistema.* Cada ecosistema tiene sus especies propias y, por ello, sus cadenas de nutrición características.
En un área montañosa, por ejemplo, existen especies de vegetales, de animales herbívoros y carnívoros totalmente distintas de las que puedan encontrarse en un lago. Estas cadenas de nutrición mantienen un equilibrio natural entre las especies del ecosistema.
Las distintas *regiones animales y vegetales* que pueden diferenciarse en la Tierra nos informan acerca de la extensión de las diferentes especies, pero no de las relaciones que existen entre los organismos. Para estudiar estas relaciones de dependencia debemos acudir al estudio de alguno de los ecosistemas que se encuentran dentro de cada región. Las especies reunidas en cada uno de estos sistemas tienen, principalmente, exigencias parecidas con respecto al clima.

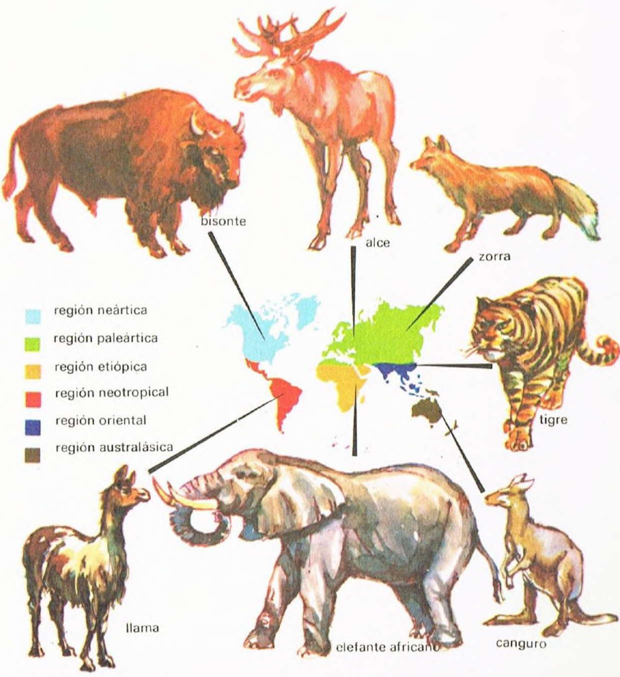


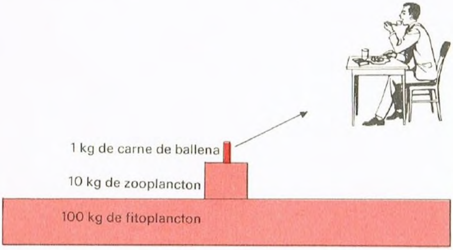
Zonas de vegetación

Las variables condiciones naturales en nuestro globo han dado origen a distintas zonas de vegetación (arriba). En el extremo norte se extiende la tundra, permanentemente helada. Más al sur empiezan las grandes zonas con coníferas y árboles de hoja caduca. Las selvas tropicales contrastan con los desiertos. La vegetación en la estepa es exclusivamente de hierbas, y en la sabana existen además arbustos y árboles dispersos.

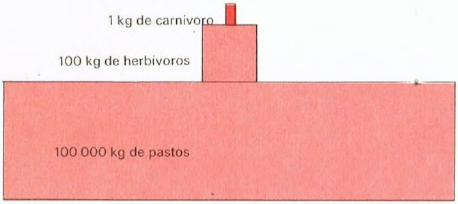
Zonas geográficas de los animales

Dentro de las áreas ocupadas por los animales se distinguen diferentes regiones zoológicas. La región paleártica comprende Europa, gran parte de Asia y Africa del Norte. En ella se encuentran, p. ej., el alce y la zorra. Un animal característico de la zona neártica fue el bisonte, especie, en la actualidad, casi extinguida. Las demás regiones tienen también animales característicos. De manera semejante se diferencian las regiones florísticas, que no deben confundirse con las zonas de vegetación anteriormente citadas.





Pirámide de los alimentos
En la naturaleza, el paso de los alimentos de uno a otro nivel, p. ej., del nivel de las plantas al nivel superior de los animales herbívoros, comporta pérdidas de materia y energía. Así, se necesitan 100 kg de plancton vegetal, en renovación constante, para mantener una masa de 10 kg de plancton animal, también en renovación. Se requiere una población vegetal de 100 000 kg para mantener una población de herbívoros de 100 kg. Estos, a su vez, aseguran la existencia de «1 kg de carnívoros».



El gran ciclo de la naturaleza

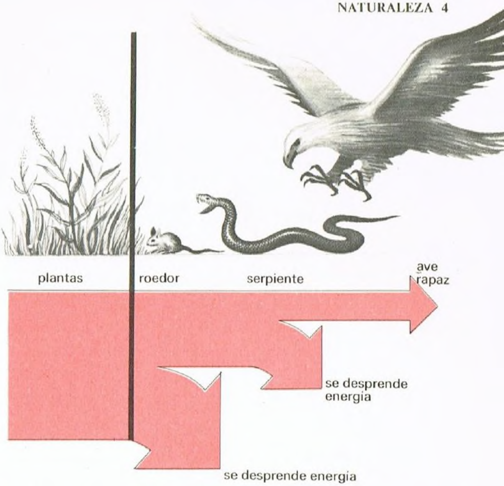
Todos los organismos vivos participan del ciclo permanente de energía y materia en la naturaleza. Los rayos solares son la fuente de energía que, luego de haber sido incorporada por las plantas a sustancias orgánicas, es transmitida a través de las innumerables cadenas alimenticias de la naturaleza. Sin embargo, la naturaleza es derrochadora, al menos desde el punto de vista humano. Sólo un pequeño contingente de la energía del Sol es aprovechada por las plantas para la elaboración de las sustancias nutritivas. Otra porción importante se pierde también en el mantenimiento de los procesos vitales en los organismos.
La materia viva está formada, principalmente, por *carbono, hidrógeno, oxígeno* y *nitrógeno;* las restantes sustancias que la componen se presentan en cantidades escasas. Además, circulan entre los organismos y su ambiente otros elementos carentes de una función biológica propiamente dicha, aunque algunos de ellos tienen un importante significado ecológico debido a sus efectos dañinos, p. ej., el mercurio.
Un organismo vivo se compone, aproximadamente, de tres cuartas partes de agua con sales disueltas. Los seres vivos exhalan agua en forma de vapor al respirar y a través de su piel. El agua desprendida



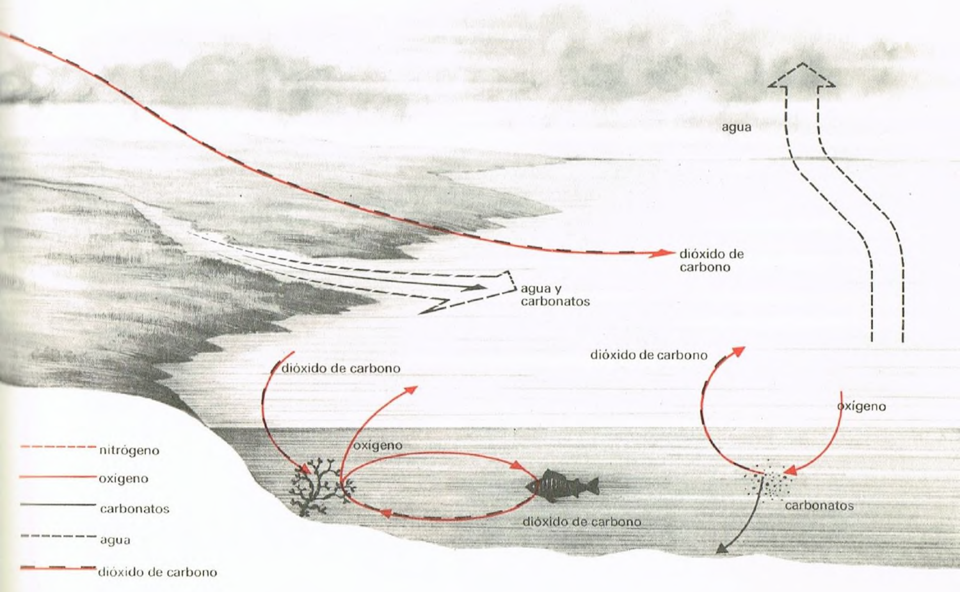
El ciclo en la naturaleza
La composición atmosférica es siempre la misma. Continuamente se produce un intercambio de elementos esenciales, oxígeno, carbono, nitrógeno e hidrógeno, entre la atmósfera y la superficie de la Tierra incluidos todos sus seres vivos. El oxígeno, consumido por los animales en la respiración, es devuelto a la atmósfera mediante la fotosíntesis de las plantas. El dióxido de carbono es absorbido por las plantas y se libera con el aire espirado por los animales y en los gases de la combustión. El dióxido de carbono se disuelve también en el agua del mar, directamente o en forma de carbonatos, que se forman también en la descomposición de los macizos rocosos del fondo del mar. El nitrógeno del aire se encuentra combinado en la tierra en forma de nitratos que absorben las plantas, y va a parar finalmente, con las proteínas, a los animales. El nitrógeno retorna a la tierra en forma de amoníaco en los excrementos de animales y restos de putrefacciones.

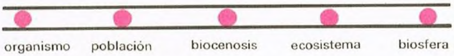
debe ser reemplazada, pues su presencia es una condición vital tanto para los animales como para las plantas. La cuarta parte restante del ser vivo está constituida por compuestos orgánicos característicos de la materia viva.

Todo compuesto orgánico contiene carbono. El carbono y el oxígeno circulan en ciclos de direcciones parcialmente opuestas. Las plantas toman del aire el dióxido de carbono y lo utilizan para la elaboración de compuestos orgánicos. En este proceso se forma oxígeno, que se devuelve a la atmósfera. Los animales obtienen de las plantas sustento orgánico ya elaborado. En la respiración, los animales toman oxígeno de la atmósfera al inspirar y desprenden dióxido de carbono al espirar. En todas las oxidaciones se consume oxígeno y se forma dióxido de carbono. El ciclo seguido por el nitrógeno es muy complejo y de gran importancia, puesto que sus compuestos orgánicos, las proteínas, constituyen la materia viva. Ciertos vegetales toman el nitrógeno del aire con la ayuda de bacterias que poseen la propiedad de absorberlo. Sin embargo, las plantas obtienen la mayor parte de éste a partir de los nitratos que derivan del amoníaco aportado al suelo por la descomposición de plantas y animales muertos. De los nitratos se libera a su vez, por la acción de bacterias, nitrógeno libre, que de este modo retorna a la atmósfera.



El transporte de la energía
En las cadenas de nutrición de la naturaleza se opera una constante transferencia de energía, con grandes pérdidas en cada fase del ciclo. La fuente original de energía para todo lo vivo la constituyen los rayos del Sol. La energía solar se incorpora a los vegetales a través de materias orgánicas ricas en energía. En la cadena de nutrición arriba ilustrada, el contenido energético de la hierba pasa al roedor, de éste a la serpiente que lo devora,y llega finalmente al ave rapaz que atrapa a la serpiente. Pero debido a que la actividad vital de los animales consume mucha energía, solamente una pequeña parte de la original llega al término de este ciclo.





La escala biológica

Todo tipo de vida se organiza en unidades pertenecientes a la «escala biológica». El organismo es la unidad menor dentro de la parte ecológica de esta escala. Agrupados en poblaciones viven organismos de la misma especie. El ecosistema comprende una o más biocenosis con su medio ambiente. Los ecosistemas forman la unidad mayor: la biosfera.

Un ecosistema

La ilustración de abajo nos muestra algunos ejemplos de cómo se relacionan entre sí y con su medio ambiente los organismos de un ecosistema. La vegetación se compone de una capa de árboles, y de otra de hierbas y arbustos. Podemos distinguir varias cadenas de nutrición. Las plantas verdes que producen materia orgánica son ingeridas por la liebre, que a su vez es devorada por una zorra. En la zorra vive parasitariamente la garrapata. El ratón de campo está expuesto a ser víctima de un halcón. Ciertos hongos y bacterias diseminados por el suelo descomponen la sustancia orgánica de animales y vegetales muertos transformándola en materias útiles para las plantas.

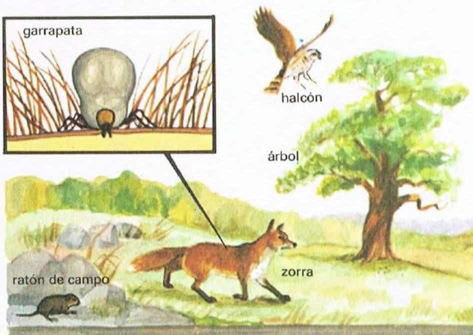
Ecosistemas

La unidad básica común de casi todos los seres vivos es la *célula*. En los animales y vegetales superiores las células están reunidas en *tejidos* y *órganos*, los cuales, a su vez, constituyen el *organismo*.

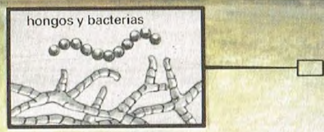
Los organismos individuales no viven totalmente aislados, sino que siempre forman parte de una unidad mayor, de la que dependen en calidad de componentes. Dentro de un área reducida se presentan, a menudo, muchos organismos de la misma especie, de los cuales se dice, entonces, que constituyen una *población*. En general, dentro de un área se encuentran poblaciones de distintas especies, tanto de animales como de vegetales, cuyo conjunto forma una *biocenosis*.

Una biocenosis determinada, junto con su medio ambiente natural, constituye el llamado *ecosistema*. Existen distintas clases de ecosistemas, con características muy diversas según el medio ambiente. Por ejemplo, en el ecosistema de las riberas de los lagos conviven organismos totalmente distintos de los que se encuentran en un bosque de coníferas, y así las poblaciones y biocenosis de las riberas lacustres son muy diferentes de las de los bosques.

Dentro del ecosistema existe una serie de cadenas de nutrición en las que cada organismo ocupa un lugar determinado.

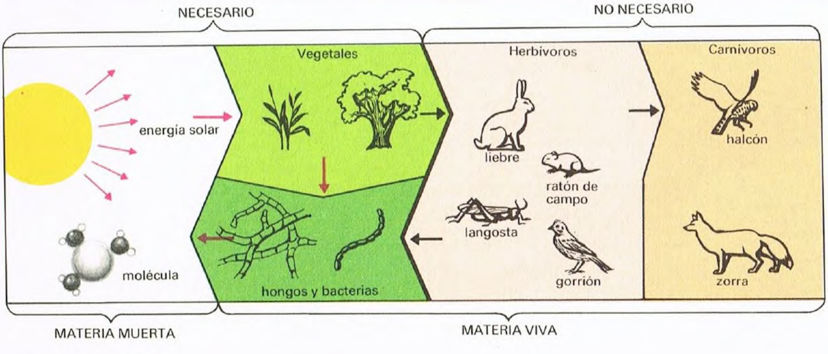






Los componentes de un ecosistema

Por su función de productores, los vegetales son componentes fundamentales en un ecosistema. Para cumplir esta función requieren energía del Sol y compuestos simples del aire y el suelo («moléculas»). Debido a la descomposición que realizan hongos y bacterias sobre organismos muertos, pasan al suelo las materias necesarias a los vegetales para su desarrollo. Los demás componentes son accesorios.





La comunidad de hormigas
Un hormiguero es un ejemplo de sociedad compleja entre insectos. Las distintas castas de hormigas desempeñan funciones diversas: almacenamiento de provisiones, cuidado de las larvas, defensa, etc. Disponen incluso de animales domésticos, los pulgones.



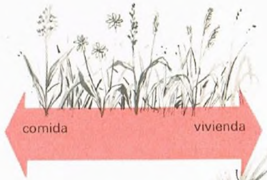


Esta serie empieza siempre con las plantas, origen de toda la alimentación orgánica y condición fundamental para la existencia de los animales. Por lo tanto los vegetales constituyen un componente imprescindible en un ecosistema. También son necesarios los hongos y las bacterias, que descomponen las sustancias orgánicas de los organismos muertos y las transforman en compuestos más simples, empleados luego nuevamente en las cadenas de nutrición de las plantas. Los animales, tanto los herbívoros como los carnívoros, no son, en cambio, tan fundamentales. Aunque parezca raro, el ecosistema podría funcionar sin ellos. En la cadena de nutrición, los animales herbívoros constituyen el primer eslabón, siguiendo a continuación los carnívoros. Algunas de estas cadenas son cortas y simples; otras,en cambio, son sumamente complejas y largas.
En otras épocas los ecólogos se contentaban con describir la naturaleza. Hoy en día, sin embargo, se desea conocer también su funcionamiento. En los estudios completos de ecosistemas, biocenosis y poblaciones no basta con identificar las especies que constituyen estas entidades, sino que es preciso estudiar también cuáles son sus relaciones mutuas y de qué manera se relacionan con el medio ambiente.

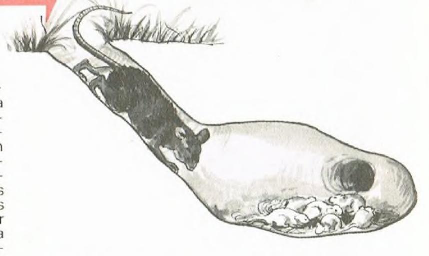
Biocenosis y población
No es preciso que los seres vivos de una zona presenten una organización social tan complicada como es el caso en un hormiguero para que constituyan una biocenosis. Una biocenosis es simplemente una reunión de organismos en la que se da algún tipo de dependencia mutua. Con frecuencia abarca diversas poblaciones, tanto de vegetales como de animales. De las dos ilustraciones que aparecen sobre el texto, la primera muestra una biocenosis compuesta por varias poblaciones distintas; la segunda reproduce un grupo de plantas de idéntica especie, es decir, una de las poblaciones que componen la biocenosis. En la fotografía de abajo, vemos una población animal, en este caso de gacelas. Pertenecen a la misma especie y forman un rebaño.





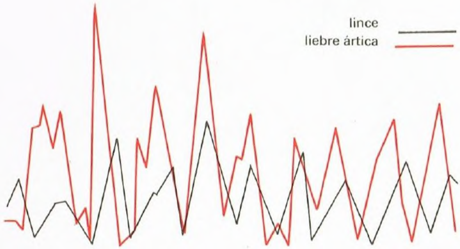








Comida y vivienda
Una pradera ofrece varias formas de aprovechamiento para los animales. Proporciona sustento a los herbívoros; los caballos y otros animales comen los tallos de las hierbas, los pájaros las semillas, y los insectos se alimentan de distintas partes del vegetal. Varias aves utilizan la hierba para construir su nido; el prado proporciona también protección a pequeños roedores que excavan sus túneles en las raíces vegetales.



Cazador y presa en la naturaleza
El diagrama de arriba muestra la íntima relación entre cazador y presa en la naturaleza. El lince, por ejemplo, es una especie que aumenta inmediatamente si sus presas son abundantes, y, a la inversa, disminuye cuando escasea el alimento.

La ilustración de abajo muestra una relación parecida. En ciertas épocas, los lemmings árticos, por causas todavía desconocidas, se reproducen rápidamente en una zona. Las aves rapaces disponen entonces de más sustento y se multiplican también abundantemente.

El organismo y su ambiente

Ningún organismo vive totalmente aislado en la naturaleza, sino que depende tanto de los demás organismos cuanto del resto de factores del medio ambiente. Las biocenosis constituidas por animales y plantas no surgen por casualidad. En su formación intervienen las relaciones recíprocas entre los organismos, así como su dependencia respecto del medio ambiente inorgánico.
En una biocenosis, los distintos organismos aprovechan el medio ambiente cada uno a su manera. Existen vegetales de grande o de baja altura, plantas que precisan los rayos directos del Sol y otras que prefieren la sombra. Los animales herbívoros se alimentan de distintas partes y tipos de vegetales. Y, a su vez, cada especie de carnívoros tiene sus preferencias alimenticias dentro del reino animal. En el interior de cada biocenosis rige una situación de equilibrio muy sensible a cualquier clase de perturbaciones, peculiar-





Manadas
Varios mamíferos que viven a la intemperie necesitan la protección de otros animales de su misma especie. Para mayor seguridad se reúnen en rebaños, en donde los machos defienden a las hembras y a las crías.

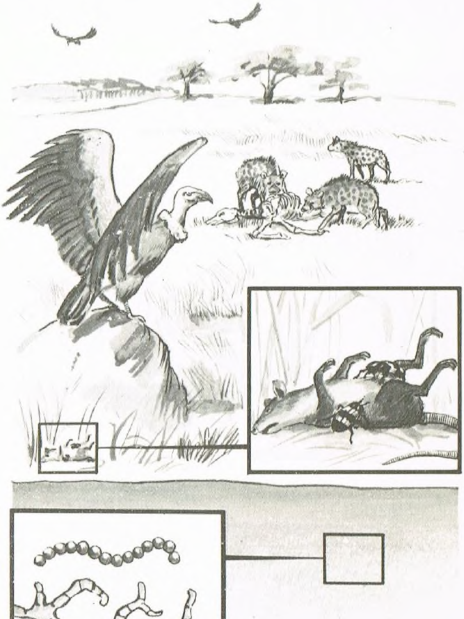


Parasitismo
Existen parásitos tanto de animales como de plantas. Su existencia depende de un huésped que los nutre. Arriba vemos la planta del muérdago, un semiparásito que crece en el tronco de pinos y manzanos.



Polinización
Para la polinización muchas plantas precisan de los insectos que buscan néctar o polen. Ocurre a veces que una especie de insectos y otra de plantas establecen una relación de total dependencia entre sí.

mente las ocasionadas por el hombre. Si este equilibrio se altera, resulta ya muy difícil, por no decir imposible, restablecerlo. Diferentes causas pueden ocasionar, por ejemplo, la desaparición de una especie animal y el predominio de otra por haber desaparecido el enemigo de ésta o el competidor en su sustento. Si el animal eliminado constituía la presa de otros carnívoros, puede producirse una disminución de las especies carnívoras. En la naturaleza se dan muchos tipos de relación de dependencia, de mayor o menor importancia, entre los organismos. En ocasiones se establece la colaboración entre animales de una misma especie, por ejemplo, entre los animales *gregarios* y entre *los insectos sociales*. Ciertos seres vivos, en cambio, requieren, para existir, de la colaboración de especies ajenas. Un ejemplo son los *parásitos* en animales y plantas, que dependen totalmente de un huésped que les nutra. En la *simbiosis* dos organismos viven agrupados, a veces, en beneficio mutuo. Constituyen un ejemplo de ello los hongos y algas, que juntos forman los líquenes. La estrecha dependencia entre las plantas angiospermas y los insectos ha dado lugar a una evolución paralela. En anteriores épocas geológicas las plantas fanerógamas tenían una flor simple y sin complicación; asimismo, los insectos de esas épocas eran sensiblemente más primitivos que los actuales. En el transcurso de su evolución unas y otros han establecido una dependencia mucho más estrecha. En algunos casos esto ha comportado que una especie de flores realice su polinización sólo por una determinada especie de insectos. El insecto, a su vez, puede necesitar de esta planta para depositar los huevos y para el desarrollo de sus larvas.



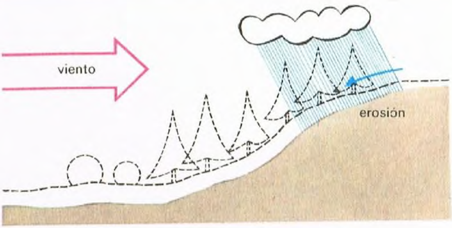
La limpieza en la naturaleza
Los animales que se alimentan de animales muertos, p. ej., los buitres y hienas, benefician a la naturaleza al liberarla de cadáveres. Otros seres limpiadores en menor escala son los necróforos. Entierran en el suelo pequeños animales muertos, que luego sirven de alimento para sus larvas. Sin embargo, el más importante trabajo de limpieza lo realizan ciertos hongos y bacterias que descomponen los restos orgánicos y los convierten en materias inorgánicas que luego absorben las plantas.



Incendio forestal

La total repoblación de un bosque, arrasado por el fuego, comporta mucho tiempo. Se necesitan unos 2 años para que brote de nuevo la hierba y algo más para que crezcan otras plantas y arbustos. Al cabo de 20 años la vegetación de arbustos llega a ser bastante tupida, y crecen árboles. A menudo los primeros árboles son de hoja caduca, aunque posteriormente aparecen coníferas si eran éstas las que antes existían. Se precisa al menos un siglo para la total restitución de un bosque de coníferas. Los factores ambientales determinan la reaparición del mismo tipo de bosque.



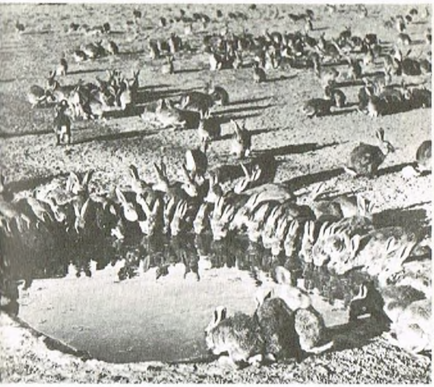


Erosión

La tierra suelta del suelo es arrastrada, principalmente, por la erosión del viento y del agua. En el peor de los casos,una pérdida importante de las capas de tierra superficiales puede convertir el monte en yermo.
Normalmente el bosque proporciona una protección mecánica contra los efectos del agua y el viento (dibujo de arriba). Pero si una zona se tala y no se repuebla, las fuerzas erosivas del viento y el agua tienen entonces el campo libre. El dibujo de arriba muestra los daños ocasionados por una acción de este tipo. La tierra apta para la vegetación ha sido arrastrada y, por consiguiente, la existencia de vegetación resulta imposible.

La destrucción de la naturaleza

Incendios, inundaciones, sequías, huracanes y otras catástrofes ocasionan serias destrucciones en la naturaleza. Normalmente estos daños provocados por la propia naturaleza se reparan con el tiempo, aunque a veces se requiera el transcurso de varias generaciones.
La devastación ocasionada por el hombre, en cambio, es mucho más difícil de reparar. El afán de ganancias a corto plazo,o incluso la pura irresponsabilidad,originan perjuicios a veces irreparables. Son ya muchas las especies de animales y plantas que han sido exterminadas y, en la actualidad, otras ven amenazada su existencia. La caza sistemática de bisontes en las praderas americanas, durante los siglos XVIII y XIX,es uno de los muchos ejemplos de la acción destructora ejercida por el hombre sobre la fauna. Un final similar amenaza a la caza mayor en las sabanas de Africa. Dentro de pocos años varios de los típicos animales africanos existirán sólo en ambientes artificiales, parques naturales y jardines zoológicos.
Las constantes obras constructivas, nuevos cultivos, trazados de carreteras, tendidos de desagües, etc., varían y transforman el ambiente natural en todo el mundo. El aire, el agua y el suelo se contaminan debido a escapes de gases, al agua de las cloacas y a las armas químicas. Las sustancias tóxicas, almacenadas en organismos inferiores, son transmitidas a los carnívoros. Toda la cadena de nutrición se altera, y la existencia de muchas especies, entre ellas la humana, se encuentra amenazada.
La caza y persecución desconsideradas, la abundancia de desechos del petróleo, la desmedida recolección de flores y la general acumulación de basura acrecientan el riesgo de que la proporción de vegetales y animales exterminados sea aún mayor de lo que ya es ahora.
Al despoblar el suelo de vegetales, el hombre crea condiciones favorables a la erosión. La tala de bosques, la construcción de embalses, la eliminación de pastos, etc., dejan los suelos indefensos frente a la fuerza erosiva del viento y del agua. La erosión no solamente ocasiona daños al medio ambiente, sino que produce también enormes pérdidas a la agricultura. Hace 2 500 años se decía de los persas: «No echan agua al río ni escupen en él, no lavan sus manos allí ni se lo permiten a nadie, y sienten una gran veneración por él». Los hombres de hoy deberían tener un poco de esta veneración, no sólo hacia los ríos sino hacia toda la naturaleza, que condiciona nuestra existencia en la Tierra.



Plaga de conejos en Australia



Talas abusivas



Polución en las aguas



Polución en el aire

Montones de gravas



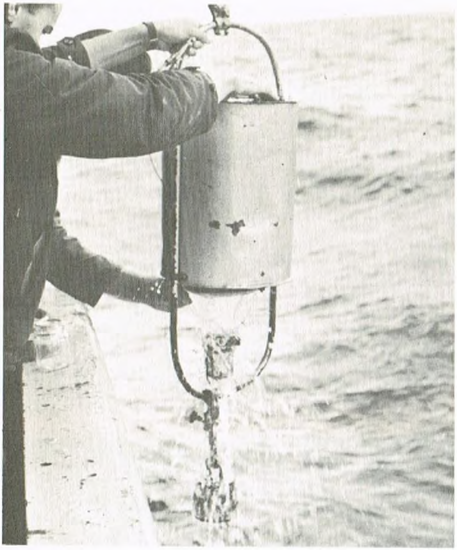
El hombre, destructor de la naturaleza

El hombre es responsable en gran medida de la destrucción de la naturaleza. Son muchas las ocasiones en que los daños se han producido por pura irreflexión. Por ejemplo, en Australia se introdujeron los conejos para disponer de caza fácil. Sin embargo, allí estos animales carecen de enemigos naturales y pronto inundaron el país.

Una tala excesiva de bosques ha ocasionado el empobrecimiento de los suelos. Con todo tipo de desechos se envenenan las corrientes fluviales.

Los escapes de los motores y las chimeneas de las industrias hacen el aire de las grandes ciudades nocivo para la salud.

Las canteras y muchas construcciones destruyen el paisaje; las aguas subterráneas a veces se ensucian por filtraciones de los vertederos.



Investigación
Un programa de protección a la naturaleza debe tener en cuenta su funcionamiento y el tipo de consecuencias que pueden provocar las medidas a tomar. En este aspecto desempeñan una función muy importante las experimentaciones realizadas con elementos del mismo ambiente, p. ej., el estudio de muestras del agua y del suelo, y de las biocenosis de un ámbito determinado.



Educación
Un cuidado eficaz de la naturaleza requiere la colaboración de investigadores, de autoridades y de los ciudadanos.
La instrucción sobre esta materia en la escuela constituye un factor importante. En la ilustración, un profesor y sus alumnos durante una excursión.

La conservación de la naturaleza

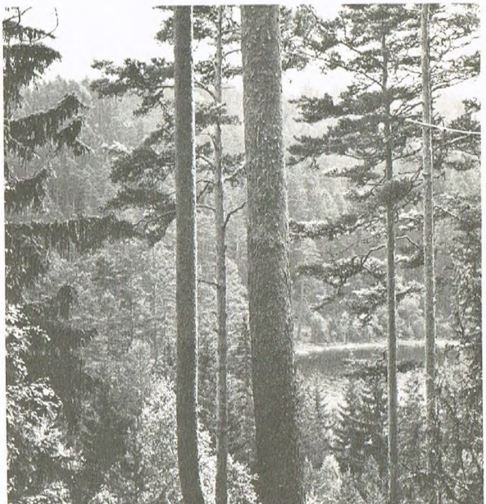
Aunque quizá demasiado tarde, los investigadores, las autoridades estatales y el hombre de la calle han comprendido las amenazas que se ciernen sobre nuestro medio ambiente, puesto que la naturaleza es una propiedad inestimable de la que el hombre no puede disponer caprichosamente. En la actualidad hay ya demasiadas zonas en el mundo dañadas por el amontonamiento general de basura, la contaminación del aire y del agua, la existencia de presas, carreteras mal trazadas y construcciones mal planificadas.
Es preciso tomar serias medidas para salvar lo posible y restituir parte de lo destruido. El mantenimiento de la naturaleza y del medio ambiente es hoy un problema social importante, sobre el cual todavía falta información e investigación.
Los trabajos y medidas para la conservación de la naturaleza se iniciaron a finales del siglo pasado y principios del presente. Su objetivo consiste en salvar cuanto sea posible de la naturaleza original, de su fauna y flora, así como en conservar inalterado el paisaje.
Incluso un aprovechamiento cauteloso de ciertos recursos naturales puede tener consecuencias biológicas radicales. Si se varía el ambiente adecuado para animales y plantas, pueden éstos tener dificultades para sobrevivir. La protección mediante veda de una especie amenazada de extinción suele sólo diferir su desaparición, pues no basta con conservar una especie, es preciso también protegerla y mantener su medio ambiente.
En muchos sitios del mundo se ha comprendido ya la gravedad de la situación y se dedican tiempo y dinero para realizar un programa de conservación de la naturaleza. En muchas regiones del mundo existen en la actualidad grandes zonas dedicadas a reservas o parques nacionales. En ellas la naturaleza se desenvuelve, en mayor o menor grado, de un modo normal, libre de la injerencia del hombre. Los parques nacionales africanos han salvado ciertas regiones del avance de la civilización. Quizá sirvan en el futuro para conservar raros ejemplares de la flora y de la fauna e impedir así la exterminación de ciertas especies.
Los recursos naturales cada día han de abastecer a más seres humanos; su conservación y cuidado facilitan una mejor explotación. La misión de las entidades dedicadas a la conservación de la naturaleza consiste en vigilar la vida vegetal y animal y en influir para que se efectúe un aprovechamiento juicioso de los recursos naturales. El respeto a la naturaleza y su conservación darán quizá por resultado que nuestros descendientes disfruten de un medio ambiente más tolerable.







La ley y la conservación
A veces se requiere una legislación adecuada para llevar a cabo las medidas necesarias. Por ejemplo, mediante la veda se protege a las especies amenazadas de extinción. En España, ciertas plantas como el «edelweiss» o flor de nieve no se pueden arrancar ya que están protegidas por la ley (arriba). La foto superior a la derecha muestra el parque nacional de Sarek, al norte de Suecia. En Africa se han delimitado grandes parques nacionales, principalmente para dejar a la caza mayor espacio libre.
A la derecha, en la ilustración central vemos una escena de un parque nacional en Kenia.



El disfrute de la naturaleza
Muchas personas desean gozar de la naturaleza virgen, como contrapeso del tenso ambiente cotidiano. Deseamos respirar aire puro al pasear por un bosque y gustamos de hallar un límpido lago que, con su agua transparente, nos invite al baño. El que esto sea realidad y no solamente un sueño requiere el concurso de una serie de medidas para conservar la naturaleza frente a todos los factores que la perjudican. La ilustración de la derecha nos muestra una zona todavía virgen al norte de Smaland.

OIDO

Organo del oído y del equilibrio

El oído de los animales superiores consiste, en realidad, en dos sistemas sensoriales distintos: el *órgano del equilibrio* y el *órgano del oído.*

Ambos son importantes para nuestra orientación. El órgano del equilibrio informa sobre la situación y los movimientos del cuerpo. El órgano auditivo es sensible al sonido del entorno. Al órgano del equilibrio pertenecen los tres canales semicirculares y la cavidad en forma de saco existentes en el llamado laberinto del oído interno. El órgano auditivo consta de oído externo, oído medio y caracol, este último situado en el oído interno. El oído externo capta el sonido; éste pone en vibración al tímpano. Las vibraciones son transmitidas por los huesos del oído medio al caracol, donde se hallan las células auditivas. Desde éstas los impulsos se transmiten al cerebro, que registra el sonido.

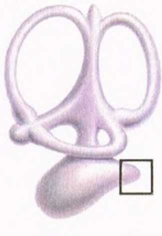
El órgano del equilibrio se originó antes que el auditivo. En los animales inferiores puede hallarse en distintas partes del cuerpo. Muchos artrópodos, p. ej., lo tienen situado en las antenas. En los *peces* y *reptiles* el oído es poco evolucionado; para ellos, más importante que oír es percibir las vibraciones del agua o del suelo. Los peces las reciben mediante un sistema sensorial situado a los lados del cuerpo: es el llamado sistema de la línea lateral. Diversos peces disfrutan, además, de buen oído. Muchos *insectos* pueden percibir las vibraciones mediante células sensoriales de las antenas.

En los animales superiores, el oído desempeña un importante papel en la interpretación del entorno. El oído externo, el medio y el interno suelen estar bien desarrollados. El *murciélago* posee el oído más evolucionado. Estos animales ven muy mal y deben confiar por entero en el oído; p. ej., para la determinación de las distancias emiten unos tonos muy altos y aprecian cuánto tarda en devolverlos el eco. Por ello, el murciélago dispone de una especie de aparato de sonar y necesita grandes pabellones auditivos para recoger el sonido.

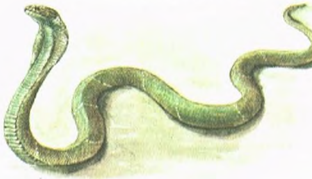
Entre los mamíferos, *el perro* cuenta realmente con buen oído. Su oído interno está muy desarrollado; para captar el sonido puede mover sus orejas en todas direcciones. Los oídos de los mamíferos se hallan situados uno a cada lado de la cabeza, por lo que el sonido no llega con la misma intensidad a ambos, lo que les permite determinar de qué lado proviene un sonido. Para orientarse, las personas de mala vista suelen depender enteramente del oído.



oído interno



Peces
El oído interno de los peces contiene unos órganos del equilibrio bien desarrollados, pero lo que en los animales superiores es el órgano auditivo está muy reducido (cuadrado negro). Con todo, en muchos peces el oído interno funciona como órgano auditivo, con la vejiga natatoria como caja de resonancia. Sin embargo, en los peces el sentido más importante es el sistema de la línea lateral, que capta las vibraciones del agua.



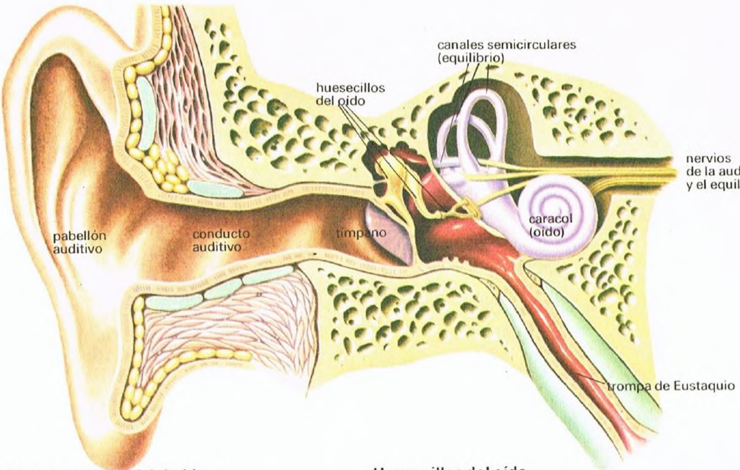


Ofidios
El órgano auditivo propiamente dicho está más desarrollado en los ofidios que en los peces. Los ofidios poseen, además, oído medio y un indicio de tímpano; por el contrario, no tienen oído externo ni conducto auditivo, y el sonido, como las vibraciones del suelo, llega a su oído a través de los huesos del cráneo.



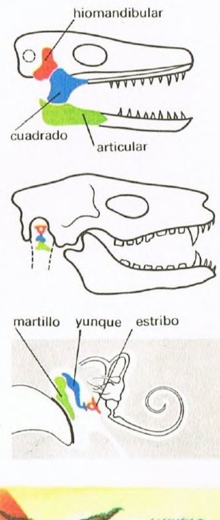


Perros
El perro tiene bien desarrolladas las distintas partes de su oído. Cuantas más espirales hay en el caracol (la formación limitada por el cuadrado negro) tanto más agudos son los tonos que pueden percibirse. El perro tiene bastantes más espirales que el hombre, por lo que puede oír vibraciones que nosotros no podemos percibir.



Corte transversal del oído
El oído consta de tres partes: oído externo, oído medio y oído interno. El sonido llega primero al oído externo, donde se halla el pabellón auditivo y el conducto auditivo. En el fondo de éste está el tímpano, que separa el oído externo del oído medio. El sonido hace vibrar el tímpano. En el oído medio se encuentran los huesecillos del oído, que transmiten el sonido desde el tímpano al oído interno. El oído medio, a través de la trompa de Eustaquio, comunica con las fosas nasales, gracias a lo cual el aire ejerce la misma presión a ambos lados del tímpano.
En el oído interno se halla el órgano del equilibrio, con los tres canales semicirculares, y el caracol u órgano de la audición.
El oído externo es muy importante para la percepción del sonido. El murciélago dispone de unos pabellones auditivos muy desarrollados (abajo).

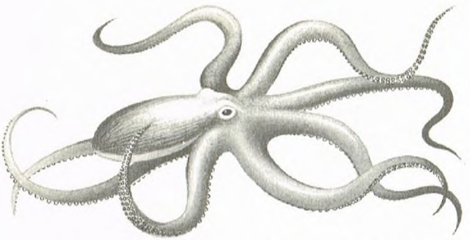
Huesecillos del oído
Los tres huesecillos del oído medio han experimentado una interesante evolución. Tienen su origen en los maxilares de los reptiles primitivos.
De las tres figuras que aparecen a la derecha, la de la parte superior muestra el cráneo de un reptil primitivo. El hueso articular (en verde) se convertirá en el martillo; el cuadrado (en azul) pasará a ser el yunque; por fin, el hiomandibular (en rojo) originará el estribo.
En los animales superiores se constituyó, poco a poco, un nuevo maxilar. Los huesos originarios se redujeron y se situaron en el lugar del futuro oído medio (figura del medio). El hecho de que el estribo presente un orificio se debe a que al comienzo de su evolución pasaba por allí una arteria. Esta acabó por desaparecer, pero quedó el agujero. La figura inferior muestra la colocación de los tres huesecillos en el oído de los mamíferos.





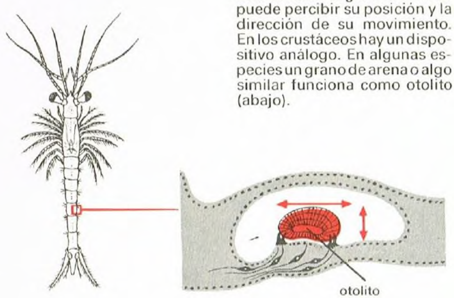
Oído de los insectos
Muchos ortópteros poseen órganos auditivos en las patas delanteras. El grabado muestra el corte transversal de una pata. En un sector de la parte media anterior de la pata se encuentra el oído. A ambos lados de este sector se hallan los orificios por los que el sonido penetra hasta el oído. Orientando la pata en diversas direcciones, el insecto puede reconocer el entorno. Pero muchos insectos sólo pueden percibir las vibraciones más próximas.

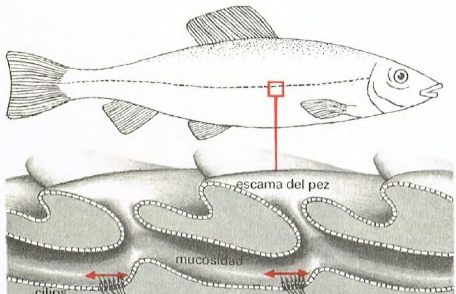






Calamares y cangrejos
Los pulpos, los calamares, las almejas y los mejillones poseen un órgano del equilibrio muy sencillo. En una cámara, a menudo con un lecho de células sensoriales ciliadas, hay una bola calcárea, el llamado otolito, que presiona los diferentes pelos sensibles, según la posición del animal o la dirección en que se mueve. Con este sencillo órgano el animal puede percibir su posición y la dirección de su movimiento. En los crustáceos hay un dispositivo análogo. En algunas especies un grano de arena o algo similar funciona como otolito (abajo).





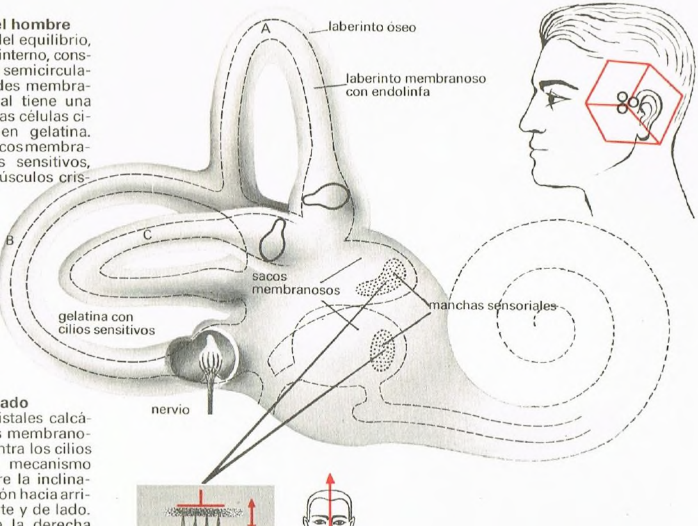
Los peces
Además de los canales semicirculares, que son el órgano del equilibrio de la cabeza, los peces disponen del sistema de la línea lateral. Este consta de un canal lleno de mucus, que, a través de pequeños orificios, está en comunicación con el agua circundante. El canal tiene unas células sensoriales cuyos cilios se doblan al avanzar o retroceder la mucosidad del canal. De ellas parten nervios que transmiten al cerebro la información sobre el movimiento y la velocidad.

Mantener el equilibrio

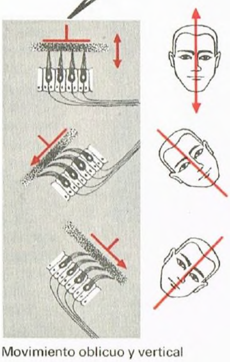
El sentido del *equilibrio* es muy complicado. Proporciona al cerebro información sobre la situación del cuerpo y sobre los movimientos que éste realiza. Característica común de todos los órganos del equilibrio es que aprovechan la *fuerza gravitatoria* que ejerce la Tierra sobre todos los cuerpos y a la que se debe su peso. Aprovechan asimismo *la inercia* de los cuerpos, es decir, su tendencia a conservar el estado de movimiento o reposo, según se hallen en uno u otro. Por ejemplo, si vamos en autobús, cuando éste arranca, para no perder el equilibrio nos vemos obligados a asirnos a algo. Sin embargo, si el autobús está en marcha, su movimiento apenas nos afecta. Los órganos del equilibrio reaccionan de forma parecida. Detectan principalmente los cambios de movimiento, y no el movimiento uniforme.

El órgano de equilibrio más sencillo consiste en una cámara con células sensoriales y provista de un líquido; en ella se encuentra un cuerpo pesado (otolito) que, en reposo, presiona hacia abajo. Al comenzar un movimiento, este cuerpo se va hacia atrás, a causa de la inercia. Poco después adquiere la misma velocidad que el animal. Si éste se mueve en una dirección, el otolito, al iniciarse el movimiento, presiona en dirección opuesta. El órgano del equilibrio de los animales superiores funciona de manera análoga. Sin embargo, este órgano sólo proporciona información sobre los movimientos en línea recta, pero no sobre los rotativos, acerca de los cuales informan los *canales semicirculares*, en los que el líquido puede moverse en tres planos. Los impulsos de los canales semicirculares generan movimientos en los ojos. El ojo proporciona asimismo valiosa información acerca de la situación del cuerpo. En realidad, una persona con los canales semicirculares lesionados puede mantener el equilibrio, gracias a los ojos. Naturalmente, el órgano del equilibrio está en estrecha conexión con el ojo. Por otra parte, sabemos que actúa sobre los nervios del estómago y de los intestinos, pero desconocemos el mecanismo exacto. Los órganos del equilibrio suelen orientar tan sólo acerca de la situación de una parte del cuerpo. Cuando se trata de animales superiores, esta parte es la cabeza. Sobre la situación del resto del cuerpo informan el sentido muscular y el de posición. Si la cabeza está torcida en relación con el cuerpo, lo advierten los órganos sensoriales de los músculos de la nuca, para que no creamos que se inclina todo el cuerpo. Todos estos sentidos funcionan de una manera coordinada.

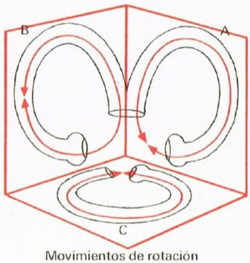
El órgano del equilibrio del hombre
Nuestro órgano del equilibrio, situado en el oido interno, consta de tres canales semicirculares y dos cavidades membranosas. Cada canal tiene una dilatación con unas células ciliadas bañadas en gelatina. También en los sacos membranosos hay pelos sensitivos, rodeados de minúsculos cristales calcáreos.



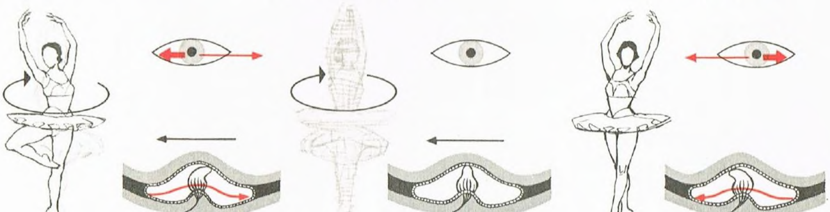
Arriba, abajo, derecho o inclinado
Los pequeños cristales calcáreos de los sacos membranosos presionan contra los cilios sensitivos. Este mecanismo nos informa sobre la inclinación y la aceleración hacia arriba, abajo, adelante y de lado. Los grabados de la derecha muestran cómo los pequeños cristales descansan verticalmente sobre los cilios, cuando la cabeza se mantiene erguida. Si ésta sube o baja rápidamente, como cuando se va en ascensor, los granos de cristal presionan o se desprenden de los pelos sensitivos, y se percibe el movimiento. Si la cabeza se inclina, caen los cristales, los pelos se inclinan hacia un lado u otro y así nos damos cuenta de la posición.
La rotación es registrada por los canales semicirculares. Estos canales se hallan en planos mutuamente perpendiculares (A, B y C).



Movimiento oblicuo y vertical



Movimientos de rotación



aceleración

movimiento constante

parada

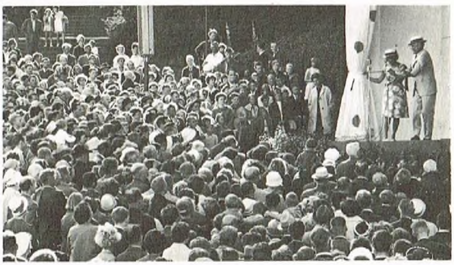
Girar
Los movimientos de rotación son registrados por los cilios sensitivos de los canales semicirculares. El líquido de los conductos, a causa de la inercia, se mueve, por breves momentos, en sentido opuesto al movimiento del cuerpo. Si se gira, p. ej., hacia la izquierda, los cilios sensitivos se inclinan a la derecha. Cuando el movimiento continúa un rato y es constante, el líquido vuelve a su posición normal y los cilios quedan levantados verticalmente. Cuando el movimiento se detiene, el líquido de los canales semicirculares sigue moviéndose por inercia, y los cilios se inclinan en sentido opuesto que al arrancar. Los impulsos de los cilios sensitivos actúan, p. ej., sobre los músculos del ojo, de manera que éste efectúa pequeños movimientos. Estos estímulos pueden actuar sobre el sistema parasimpático; un estímulo inadecuado de dicho sistema provoca el mareo.



Orientación por el sonido
El oído es un importante, aunque no imprescindible, sentido de la orientación. Vivimos en un mundo en gran parte sonoro. Hay muchos sonidos que nos avisan o informan en algún aspecto. Para una persona que ha de moverse entre el gran tráfico actual, tiene importancia capital oír los vehículos que se encuentran fuera de su campo visual.



Comunicación
Una diferencia entre los hombres y los animales consiste en que los primeros disponen de un lenguaje para comunicarse. La lengua hablada es nuestro medio de contacto habitual con las demás personas y canal de importantes informaciones, p. ej., a través de la radio, la TV y el teléfono.



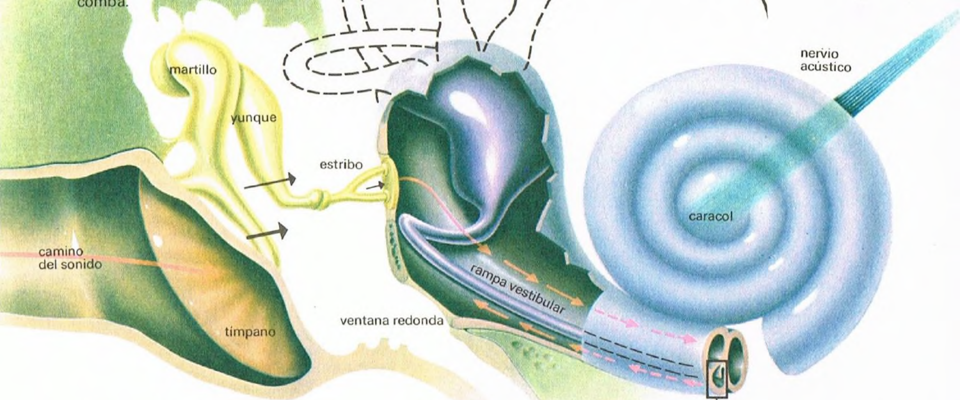
Arte y entretenimiento
El sonido puede ser una efectiva fuente de alegría. Una gran parte de nuestras vivencias artísticas y muchas de nuestras diversiones consisten precisamente en el sonido, ya sea aislado –como cuando escuchamos un disco o música de la radio–, ya combinado con otras impresiones –como en el caso del cine, teatro y TV–. El sonido sirve de factor aglutinante en reuniones y espectáculos.

Oír

Oír significa distinguir de qué parte proceden los diferentes sonidos, y determinar su intensidad y tono.
Gracias al oído externo sabemos de dónde proviene el sonido. Cuando se trata de la intensidad y del tono es el oído interno el que los señala. Su mecanismo debe ser muy sensible para poder reaccionar a las pequeñísimas cantidades de energía que recibe. Se ha calculado que si toda la población española hablase lo más alto que le fuera posible, la energía desarrollada por el sonido emitido sólo serviría para encender 3 lámparas eléctricas de 100 vatios.
Tan pequeñas cantidades de energía deben transmitirse desde el tímpano hasta las células auditivas, a través del líquido que llena las oquedades del oído interno (endolinfa). Sin embargo, la transmisión directa de las ondas acústicas desde el aire a un líquido tiene sus dificultades, ya que una gran parte de las ondas sonoras son reflejadas en la superficie limítrofe. La naturaleza ha solucionado este problema mediante la cadena de huesecillos del oído, que, a través del martillo, el yunque y el estribo, transmite con gran precisión hasta la endolinfa las vibraciones del tímpano. En la cadena de los huesecillos se amortiguan también las vibraciones, a fin de no dañar el delicado órgano auditivo.
Georg von Békésy ha elucidado en gran medida el mecanismo de recepción de las vibraciones sonoras en las células ciliadas del oído interno. La membrana basilar en que reposan las células auditivas es flexible y puede ponerse en vibración por la onda de presión transmitida por la endolinfa. Los diferentes tonos hacen que la membrana basilar vibre en distintos lugares. La membrana está mucho más tensa junto al estribo, por lo que se necesita gran energía para ponerla en vibración en ese punto. Los tonos agudos son muy intensos y pueden hacer vibrar la membrana basilar sita junto al estribo. A la inversa, los sonidos graves, hasta no llegar a la punta del caracol, no pueden poner en vibración la membrana. Cuanto más largo es el caracol, más vueltas tiene y mayor gama de tonos puede vibrar en él. El hombre, que oye tonos de hasta 20 000 vibraciones por segundo, no es nada excepcional en este aspecto. Un perro oye el doble de tonos, y un murciélago es capaz de detectar frecuencias ultrasónicas. Si bien se sabe cómo se recibe el sonido en el oído interno, es todavía un enigma la transformación de las vibraciones sonoras en señales captables por el cerebro. Por ejemplo, no se sabe por qué unas personas tienen buen oído musical y otras carecen de él.

Recepción del sonido

El sonido es recogido por el pabellón auditivo, pasa por el conducto auditivo y pone en vibración el tímpano. La vibración es conducida, mediante los huesecillos, hasta la ventana oval, donde el estribo conecta con el caracol. La impresión se transmite a éste por la rampa vestibular y llega, por la rampa timpánica, a la ventana redonda, cuya membrana se comba.





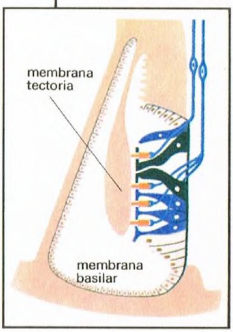
El oído y los tonos agudos

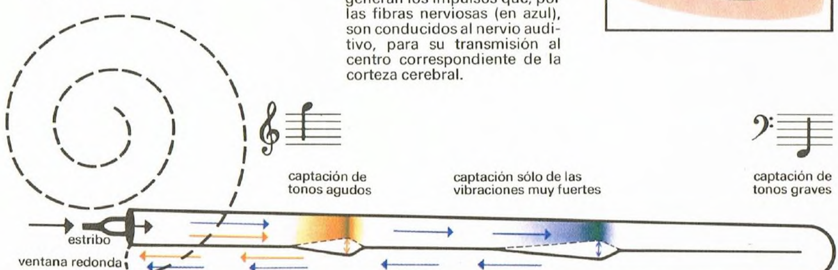
En la parte inferior se ve desarrollado el caracol, para ofrecer una visualización de la diferencia de tensiones existente en la membrana basilar. La sensibilidad para los tonos agudos es máxima cerca del estribo; y para los tonos bajos, cerca de la cúspide del caracol. Cuando vibra el estribo, se originan ondas de presión en la endolinfa del caracol. Las ondas presionan la membrana basilar hacia arriba y abajo. Este movimiento ondulatorio es relativamente amplio. Con el cerebro se consigue captar muy exactamente el tono del sonido, porque sólo se transmiten las impresiones de las células auditivas más afectadas por la vibración.

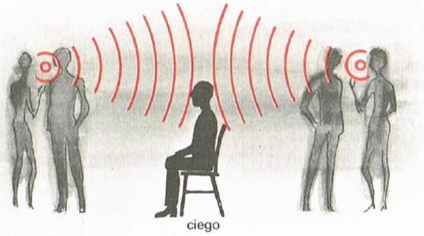
Las células auditivas

Las células auditivas (en rojo en el grabado de la derecha) están alojadas en el canal coclear, entre las rampas vestibular y timpánica del caracol. Una pared de este canal está formada por la membrana basilar, que tiene fibras de unión dispuestas poco más o menos como las cuerdas de un piano. En la membrana basilar se hallan las células auxiliares (en violeta), que rodean a las auditivas. Estas últimas están provistas de cilios sensibles, sobre los que descansa un ‹‹colchón›› gelatinoso (membrana tectoria).

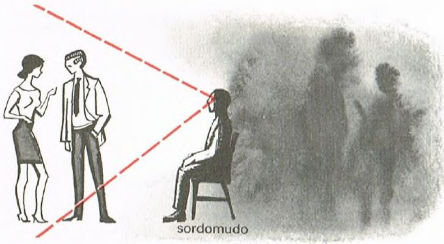
Cuando la membrana basilar vibra por la onda sonora, los cilios son presionados contra la membrana tectoria. Así se generan los impulsos que, por las fibras nerviosas (en azul), son conducidos al nervio auditivo, para su transmisión al centro correspondiente de la corteza cerebral.







información sonora

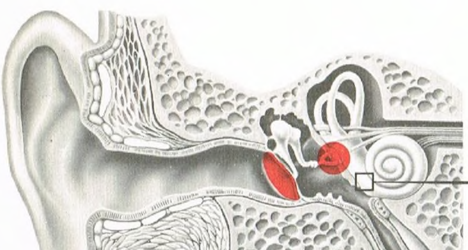


información visual

Sordera frente a ceguera
En su mundo silencioso, el sordomudo, o el sordo casi total, se encuentra bastante aislado del entorno, con el que no tiene otro punto de contacto que la vista, y encuentra gran dificultad para relacionarse con personas que se hallan fuera de su campo de visión. Para el ciego es más fácil mantener comunicación con las personas de su alrededor. Aun cuando el ciego se encuentre de espaldas a los que hablan, puede oír lo que dicen y estar en contacto con ellos.

Lesiones del oído

Un niño puede nacer con el oído completamente desarrollado. Pero, ¿cómo saber si oye? Si no se sigue atentamente el desarrollo del oído, se corre el riesgo de que un niño crezca con dificultades auditivas, lo que puede hacer peligrar su desarrollo y su educación.
Si el niño ha sufrido una infección, puede padecer, tras ella, inflamaciones y supuraciones. Las dificultades auditivas en relación con un estado inflamatorio no son infrecuentes. Ahora, con los antibióticos, la situación ha mejorado con respecto a antaño, en que el abceso podía reventar, dejando un orificio o una cicatriz. Algunas personas creen oír, a veces, fuertes estampidos. Esta anomalía suele presentarse en personas que están habitualmente en contacto con el ruido, como sucede a las que trabajan en ciertas fábricas o a los jóvenes que prestan el servicio militar. El problema del ruido es hoy muy grave. Sobre todo en las ciudades hay ruidos que pueden ser directamente peligrosos e incluso ocasionar lesiones en el oído.
Es normal que los ancianos sufran dificultades auditivas. Con los años se presenta una sordera creciente, sencillamente por envejecimiento de los nervios auditivos. Otros motivos contribuyen también a la disminución de la sensibilidad auditiva. En las mujeres es muy corriente la llamada otoesclerosis: un crecimiento y endurecimiento del estribo

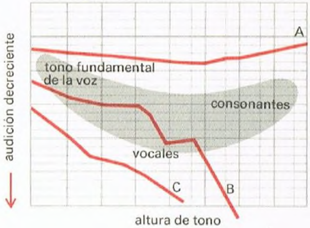


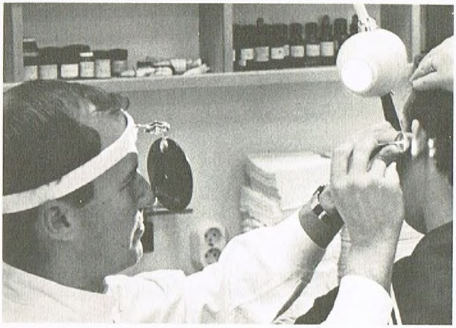


Inflamación del oído
Ya en el oído externo el sonido puede encontrar obstáculos. El conducto auditivo, por ejemplo, puede estar obturado por una inflamación. La inflamación crónica del oído medio afecta al tímpano, que puede romperse definitivamente.

Otoesclerosis
Una enfermedad que puede ocasionar la sordera absoluta es la otoesclerosis, en la que la placa del estribo, por una alteración distrófica del tejido óseo, queda inmovilizada en la ventana oval, con lo que no llegan vibraciones al oído interno.

Lesiones por ruidos
Los ruidos pueden provocar lesiones incurables. Si las células auditivas del caracol reciben vibraciones demasiado fuertes pueden lesionarse e incluso quedar destruidas. Las vibraciones que debía percibir el sector lesionado ya no serán captadas.



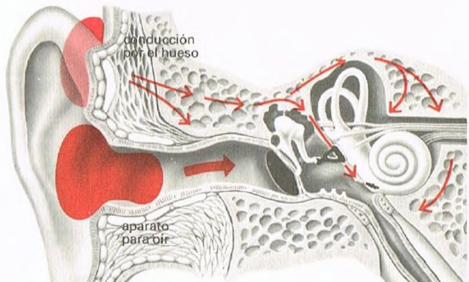


Exploración del oído
En la exploración del oído, el médico normalmente sólo ve el conducto auditivo hasta el tímpano (arriba a la derecha). Puede así descubrir y tratar la inflamación del oído y otras afecciones. Pero el oído se explora también con aparatos especiales, y su funcionamiento se registra en un audiograma: arriba vemos las curvas auditivas de tres pacientes: A oye muy bien; B no comprende lo que se dice, y C ni siquiera advierte que están hablando.



Enseñanza
Existen escuelas especiales destinadas a los niños sordos. Gracias a diversos medios técnicos estos niños pueden aprender (a la derecha). Lo importante es cuidar a tiempo la escasa audición que les queda, pues de lo contrario el oído suele perderse por completo.

en la ventana oval. Esta afección puede curarse quirúrgicamente.
Lesiones de diverso tipo pueden también dar origen a la disminución de la audición y, a veces, a la sordera completa. La sordomudez puede remediarse si los niños afectados se llevan pronto a escuelas especiales, donde se les entrena para que hablen y oigan. Una vez en edad escolar, se les envía a diferentes escuelas, según la gravedad de sus lesiones: algunos pueden ir a las escuelas corrientes; otros deben acudir a escuelas especiales. Y al mismo tiempo que se instruyen en ellas, se les trata, médica y técnicamente, en clínicas otorrinolaringológicas, donde se les puede aplicar también aparatos auditivos.
No hay duda de que el sordomudo o la persona con graves lesiones en los oídos está notablemente más aislado del entorno que el ciego. El ciego puede oír a su alrededor el idioma, con todos sus matices, y desarrollar su intelecto. El sordo se encuentra, intelectualmente, más coartado y suele serle muy difícil aprovechar toda su inteligencia.



Audífonos
En principio, los aparatos para oír, o audífonos, son de dos clases. Un tipo es el aparato de conducción por el aire, un pequeño altavoz que refuerza el sonido que llega al tímpano. Para que un aparato de esta clase pueda cumplir su misión debe haber tímpano. Un tímpano lesionado puede ser sustituido por otro de plástico. Con este aparato el sonido sigue en el oído el camino «normal». El otro tipo es un aparato que puede conducir el sonido a través del hueso temporal, en vez de hacerlo por la cadena de huesecillos lesionada. Este aparato, para producir el mismo efecto que la conducción por el aire, requiere intensidades acústicas más fuertes.
Si bien estos aparatos son de suma utilidad, tienen también sus limitaciones. Pueden remediar defectos en la conducción de las vibraciones sonoras, pero no la lesión de las células auditivas o de los nervios auditivos.

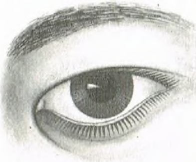


El espejo del alma
Gracias al ojo nos orientamos en el entorno. Pero los ojos no sólo nos comunican impresiones y experiencias visuales. Desempeñan también una importante función psicológica en las relaciones humanas. Tenemos una gran sensibilidad para captar el significado del sutil juego de los músculos del ojo; asociamos una mirada con un estado de ánimo, y creemos que «el ojo es el espejo del alma». Unos hermosos ojos pueden compensar una notable fealdad y tosquedad en los rasgos, y una mujer bella con ojos hermosos es irresistible. Arriba vemos los famosos ojos de Elizabeth Taylor.

Ojos orientales y ojos occidentales
El ojo del europeo sólo en su aspecto externo es diferente del ojo mongol (p. ej., el de los chinos y los japoneses), en el que la piel del ángulo interior forma un pliegue, el llamado pliegue mongol, que hace que el ojo parezca oblicuo.



ojo europeo

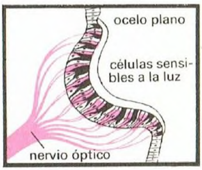


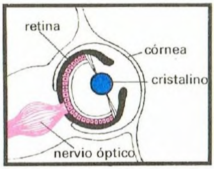
ojo mongol

OJO

Ver

Apenas existe ningún órgano que muestre tan amplia variación evolutiva como el ojo. Por otra parte, pocos órganos funcionan tan bien como él. El mecanismo de la visión es similar en todos los organismos que poseen este sentido. En todos los casos existe una sustancia coloreada (pigmento visual) que se descompone por acción de la luz, estimulando la zona sensorial del ojo. Incluso en ciertos organismos unicelulares existen unas *partes sensibles a la luz,* las *manchas oculares,* que el animal puede usar para su orientación. También en algunos vegetales superiores hay ejemplos de refractores de la luz.









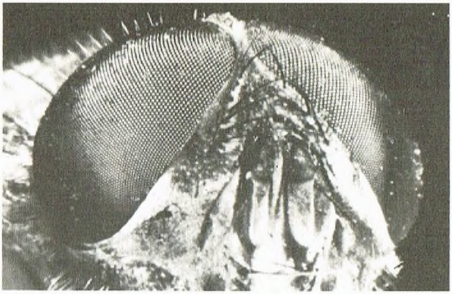


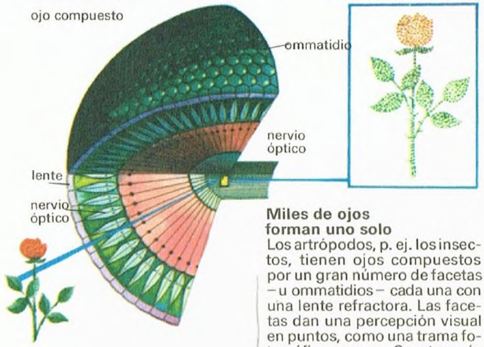
Animal unicelular
Incluso en los organismos unicelulares puede haber órganos sensibles a la luz. El flagelado del grabado, microscópico y tan primitivo que es difícil saber si es animal o planta, posee una mancha, sensible a la luz, con un orgánulo que funciona como lente.

Caracol
Los caracoles poseen, en la punta de las antenas sensitivas, células sensibles a la luz, que forman unos ojos, de tipo muy simple, llamados ocelos planos. Cambiando la orientación de sus antenas, al caracol le es posible inspeccionar el entorno.

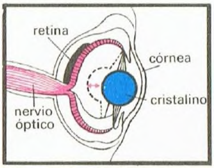
Calamar
Los calamares tienen una vista muy desarrollada; sus ojos se parecen a los de los vertebrados. Están protegidos por una córnea y la luz es concentrada por una lente. El ojo puede diafragmarse según la intensidad de la luz y acomodarse a las diferentes distancias.

Pero sólo entre los animales evolucionados la mayoría de las especies poseen ojos. *La lombriz,* p. ej., tiene en la piel células sensibles a la luz, lo que le permite reaccionar y enterrarse de nuevo cuando abandona su galería subterránea. De este modo evita la desecación.
Las células aisladas pueden agruparse en depresiones más o menos abiertas –como sucede en *los caracoles*–, formando verdaderos ojos. En animales más avanzados, aparece una *lente* para concentrar la luz en el ojo. Por último, en los casos de mayor perfección, la lente puede, curvándose más o menos, cambiar de forma, *acomodarse,* y al ojo le es posible adaptarse a la visión próxima o lejana. Este tipo de ojo evolucionado se encuentra, sobre todo, en los vertebrados.
Diversos animales pueden percibir los *colores,* p. ej., aves, peces, insectos, tortugas y ciertos mamíferos. Pero no siempre esta percepción es, en los animales, tan perfecta como en el hombre.
Sin embargo, para la percepción del entorno no sólo es importante la estructura de los ojos; también lo es su *colocación.* Cuando se hallan situados lateralmente, cada uno de ellos percibe diferentes partes del entorno; en este caso no hay profundidad en la visión ni puede apreciarse el relieve. Por el contrario, cuando están orientados hacia adelante, de suerte que los dos campos de visión se superponen, puede aparecer *la visión en relieve.*



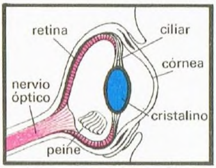


Miles de ojos forman uno solo
Los artrópodos, p. ej. los insectos, tienen ojos compuestos por un gran número de facetas –u ommatidios– cada una con una lente refractora. Las facetas dan una percepción visual en puntos, como una trama fotográfica grosera. Cuantos más ommatidios posee el ojo, mejor es la imagen.



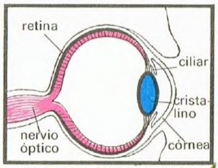


Pez
Los ojos de los peces son, en principio, como los del calamar, pero el cristalino no puede adaptarse a las diferentes distancias. Los ojos de los peces están adaptados a la visión cercana, pero, retrayendo el cristalino, el pez puede ver también a mayor distancia.



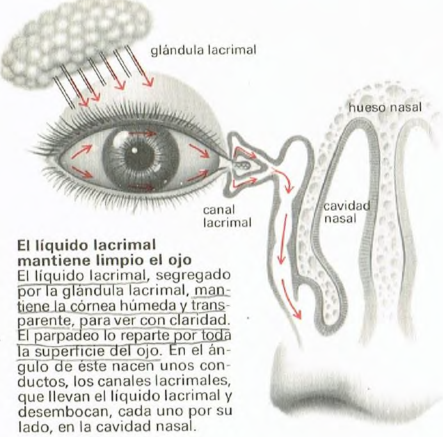


Ave
La retina de muchas aves posee mayor densidad de células sensibles que otros vertebrados. Fuertes músculos anulares curvan rápidamente el cristalino. Según parece, el llamado *peine* del ojo de las aves acentúa el contraste de las imágenes en la retina.

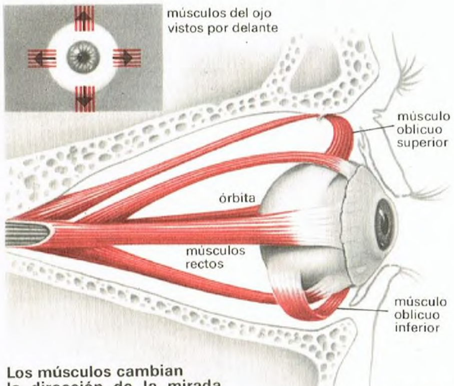




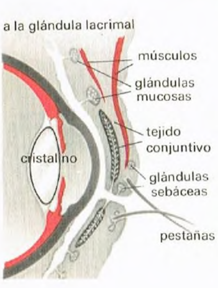
Mamíferos
Los ojos de los mamíferos y de ciertas aves son los órganos sensoriales más perfectos. El cristalino está rodeado por un músculo circular (músculo ciliar) que puede cambiar la forma de la lente. El ojo puede acomodarse a las diferentes distancias de visión.



El líquido lacrimal mantiene limpio el ojo
El líquido lacrimal, segregado por la glándula lacrimal, mantiene la córnea húmeda y transparente, para ver con claridad. El parpadeo lo reparte por toda la superficie del ojo. En el ángulo de éste nacen unos conductos, los canales lacrimales, que llevan el líquido lacrimal y desembocan, cada uno por su lado, en la cavidad nasal.



Los músculos cambian la dirección de la mirada
El ojo se halla envuelto – dentro de la órbita – por una capa de grasa y tejido conjuntivo. Para poder ser enfocado hacia diversos puntos, el globo ocular es móvil y sus movimientos están dirigidos por músculos: cuatro rectos y dos oblicuos, uno inferior y otro superior. Mediante una colaboración muy estrecha entre estos músculos podemos mirar con precisión a cualquier parte. Estos músculos son los que con mayor precisión actúan en el cuerpo humano.



Los párpados protegen
Los párpados forman un dispositivo protector muy adecuado para el ojo. El interior del párpado está revestido de una membrana mucosa provista de muchas glándulas. En el párpado hay también músculos que permiten cerrar apretadamente los ojos. Las glándulas sebáceas de los párpados «engrasan» el borde, impidiendo que salga el líquido lacrimal. Las pestañas, situadas en el borde exterior del párpado, ayudan a mantener la superficie del ojo protegida contra toda clase de estorbos.

El ojo

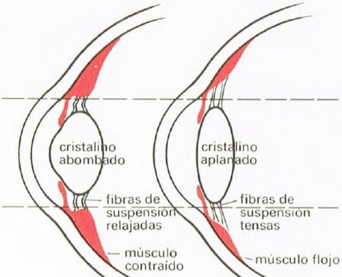
El ojo es uno de los dispositivos más ingeniosos de la naturaleza. Las cámaras electrónicas de TV en color, pese a su complicada construcción, sólo son una grosera imitación del ojo.

En principio podríamos comparar el ojo con la cámara fotográfica. El objetivo de la cámara equivale a la córnea; los párpados se encargan de mantenerla limpia, clara y libre de estorbos. Ambos ojos se mueven coordinadamente para que *la mirada* pueda seguir el objeto observado. Por ejemplo, los ojos recorren el texto que leemos, al ritmo que precisamente deseamos. La musculatura del iris cierra o abre la pupila, regulando, para cada objeto, *la cantidad de luz* que debe llegar a la retina. El *enfoque* se regula también, de manera refleja, por medio de la musculatura de suspensión del cristalino. El detalle que queremos observar con nitidez, en la visión normal, se refleja siempre claramente en la retina, si el objeto en cuestión no se encuentra demasiado cerca del ojo.

La *retina* podría compararse con un tubo de TV en blanco y negro, constituido por los bastones, y un tubo de TV en color, constituido por los conos. Los bastones y los conos son las células de la retina sensibles a la luz. Los *conos* procuran la visión cromática, pero no son tan sensibles a la luz como los *bastones*, con los que se obtiene la visión en blanco y negro. Los conos, al igual que los puntos de la pantalla en la TV en color, son de tres clases. Cada tipo de conos capta un sector de la escala cromática y son después las vías sensitivas del cerebro las que reúnen las diferentes imágenes parciales, para formar una imagen cromática única. La *mancha amarilla* es un punto en el fondo del ojo, en el que la visión cromática y de detalle es más perfecta; contiene numerosos conos y escasos bastones, por lo cual no se ve con nitidez en la oscuridad.

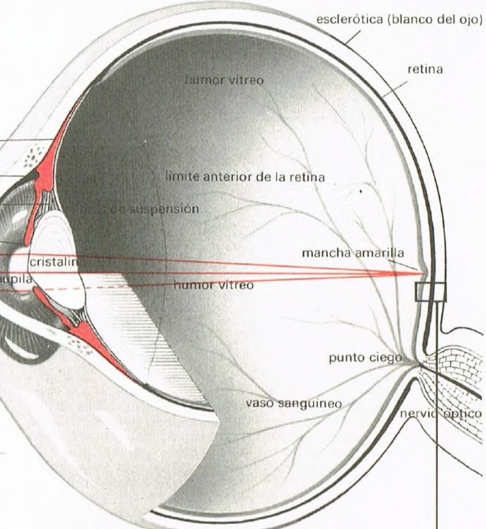
Cada cono y cada bastón no actúa de forma independiente con respecto a los bastones y conos contiguos. Entre ellos existe un sistema de comunicación que, según parece, ayuda a acentuar el contraste entre las distintas partes de la imagen.

Al contrario de la película, que sólo tiene una determinada sensibilidad luminosa, la retina puede adaptarse a diferentes condiciones de luz. Este fenómeno se llama adaptación y significa que la retina, situada en nuevas condiciones de iluminación, llega pronto a adquirir una sensibilidad máxima. Así todo el mundo ha observado que un rato después de entrar en una habitación oscura, vemos cada vez mejor los objetos.



El cristalino consigue la nitidez

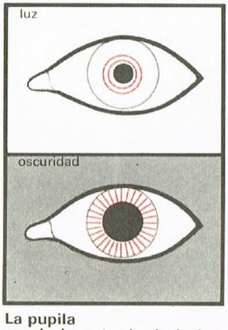
En una cámara fotográfica, el enfoque se consigue moviendo las lentes del objetivo. En el ojo se obtiene cambiando la forma de la lente y, por ende, su distancia focal. Esta se regula mediante un músculo anular, el músculo ciliar, que, al contraerse, hace que la lente engruese y, al relajarse, que la lente se estreche. Cuando miramos a un punto muy próximo, el músculo se contrae, las fibras de suspensión del cristalino se relajan y éste se curva: está en situación de visión cercana.





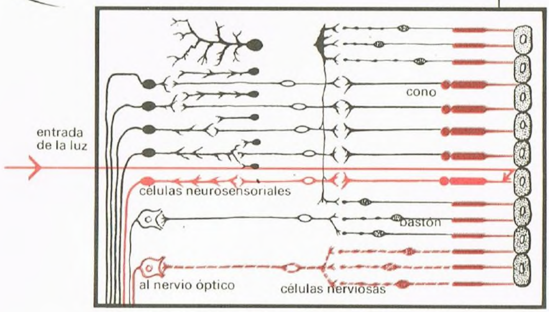
El ojo

La luz, al atravesar el ojo, pasa primero por la córnea y luego por la cámara anterior, llena de un líquido transparente; atraviesa después la pupila, el orificio central del iris y el cristalino. Detrás de éste el ojo está lleno de una masa gelatinosa: el humor vítreo. Interiormente está tapizado por la retina, donde se hallan las células sensoriales. La mancha amarilla es el sitio de la retina donde la visión es más nítida. Del punto ciego parte el nervio óptico. La córnea, transparente, y la esclerótica, de color blanco, dan consistencia y protección al ojo.



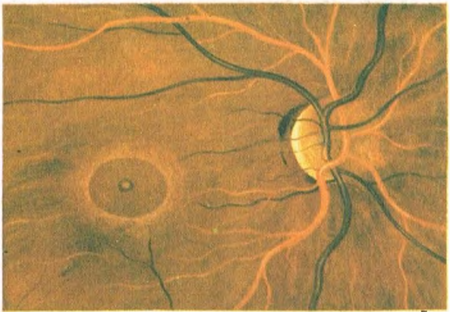
La pupila regula la entrada de la luz

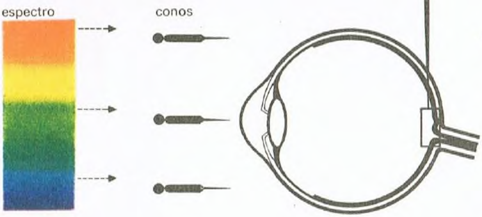
El iris funciona como un diafragma. Su orificio central – la pupila – se contrae con la luz intensa, gracias a un sistema de fibras musculares circulares (arriba), y se ensancha con la luz débil o la oscuridad, merced a otras fibras musculares radiales (abajo).



La retina

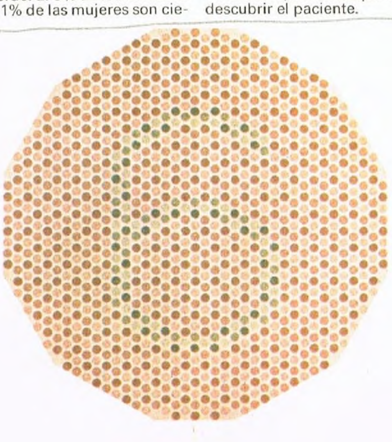
Las células sensibles de la retina son de dos clases: los conos, que se encargan de la visión cromática y de detalle, y los bastones, más estrechos y numerosos que aquéllos, encargados de la visión en blanco y negro. Delante de los conos y bastones hay una capa de células nerviosas. Normalmente varios conos y bastones conectan con la misma célula nerviosa, pero en la mancha amarilla, donde la visión es más nítida, cada cono está conectado con una sola neurona. En la superficie de la retina existen otras células, cuyas fibras enlazan con el cerebro a través del nervio óptico.





El fondo del ojo
Arriba se ve el fondo posterior del ojo, como lo observa un médico cuando mira, con un espejo ocular, a través de la pupila. A la derecha aparece el punto ciego, en forma de media luna. De allí parten el nervio óptico y los vasos sanguíneos, las arterias y las venas. A la izquierda se ve la mancha amarilla, dotada de gran densidad de conos y donde más nítida es la visión. Los conos son de tres clases, con distinta sensibilidad para las diversas partes del espectro.

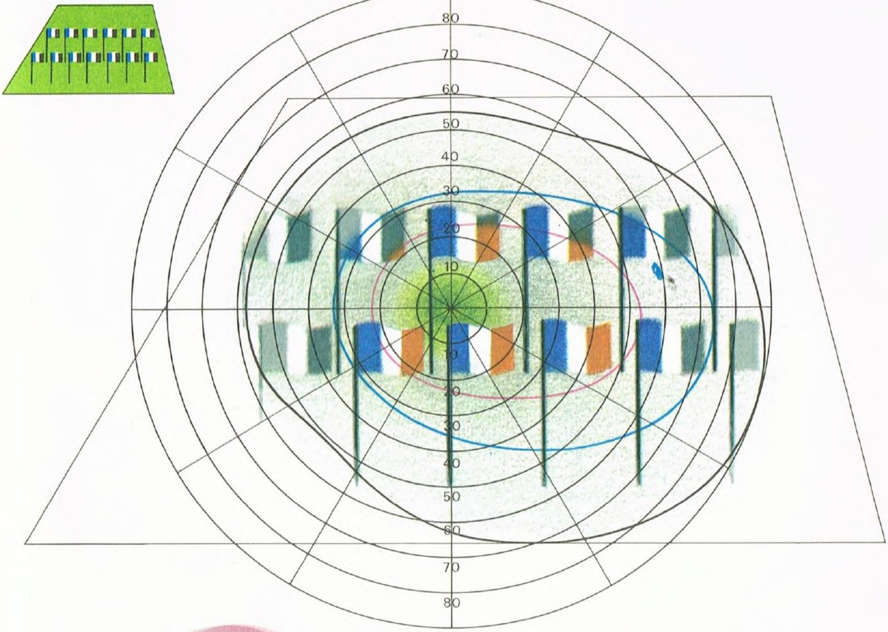
Ceguera para el color
Las alteraciones de la visión para el color suelen abarcar sólo una parte de la escala cromática. Por ejemplo, se habla de ceguera para el rojo o para el verde. El 8% de los hombres y el 1% de las mujeres son ciegos para algún color. A fin de detectar la ceguera para el color se recurre a tablas cromáticas (abajo); en cada una de ellas se halla dibujada, con puntos coloreados, una cifra que debe descubrir el paciente.

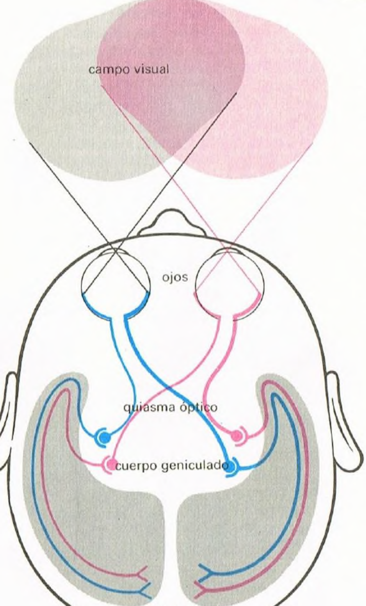


Nuestro sentido de la vista

En rigor no vemos lo que existe en la realidad, sino lo que hemos aprendido a ver. Por ejemplo, se ha comprobado que personas ciegas de nacimiento, al adquirir la vista, mediante una operación, encuentran una serie de impresiones visuales que no pueden interpretar exactamente. Durante nuestra infancia reunimos un archivo de impresiones y experiencias visuales que después utilizamos como material de comparación en cada nueva impresión visual que recibimos. Poco a poco adquirimos la costumbre de mirar, por ejemplo, pinturas y dibujos, y distinguimos lo que vemos porque antes hemos contemplado cosas parecidas. Con todo, dos personas pueden percibir de modo totalmente distinto una misma imagen, en lo referente al color y la forma. La primera estación del ojo donde se registra la forma es la retina. Algunas personas pueden tener defectos en ella que hacen que la *visión del color* no sea normal. La percepción de la *forma* depende de cómo funciona la retina y también de cómo trabajan los músculos externos del ojo y los del cristalino. En la parte del campo visual común a los dos ojos vemos *estereoscópicamente*, o sea, el objeto observado adquiere cierta *profundidad*. Esta percepción de profundidad es algo que aprendemos automáticamente, debido a que el ángulo de la visual varía según miremos objetos cercanos o lejanos. Los movimientos de los músculos del ojo y la posición de la lente indican al cerebro la profundidad del objeto en cuestión. Un tuerto no tiene esta visión estereoscópica y para él la realidad es plana como una fotografía; pero también puede llegar a percibir la profundidad de lo que ve, porque subsiste en él la *acomodación,* la capacidad de que se curve el cristalino. Sin embargo, no podemos interpretar perfectamente lo que vemos si *la corteza visual del cerebro* no ha registrado antes hechos iguales. De modo que nuestras experiencias previas son las que determinan en última instancia nuestra percepción del mundo.

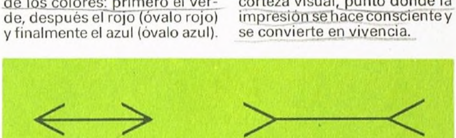
Ante una figura un poco desordenada el ojo corrige y compensa automáticamente la imagen, para ordenarla en mayor o menor grado. Ello entraña el riesgo de errores e *ilusiones ópticas*. Estas pueden ser muy peligrosas, como en el caso de un automovilista que infringe el Código de Circulación porque el sistema de la corteza visual de su cerebro le induce a una apreciación errónea de lo que sucede. La visión no se reduce sólo al ojo, que registra las imágenes; implica también un cerebro que las componga e interprete.





Campo visual del ojo y vías sensoriales del cerebro

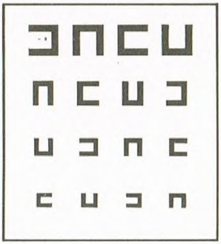
En el dibujo de la parte superior puede observarse el campo visual del ojo, señalado, en contorno negro, sobre el plano del campo visual. En el dibujo de la izquierda vemos que los campos visuales de ambos ojos se superponen en el medio, donde la visión es más nítida. Sólo en el centro del campo (punto verde de arriba) es donde podemos ver todos los colores. Hacia los límites del campo, desaparece gradualmente la visión para uno de los colores: primero el verde, después el rojo (óvalo rojo) y finalmente el azul (óvalo azul). También la nitidez disminuye. De hecho, sólo vemos una pequeña parte del campo visual con gran nitidez y colorido a un tiempo. Esto lo compensamos manteniendo el ojo en constante movimiento y fijando la mirada en diferentes partes de aquello que observamos. A la izquierda vemos cómo la impresión de cada ojo va a la parte contraria del cerebro. En los cuerpos geniculados tiene lugar una división de la imagen cuando ésta se dirige hacia la corteza visual, punto donde la impresión se hace consciente y se convierte en vivencia.



Ilusiones ópticas

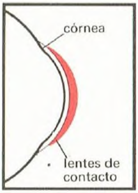
El grabado muestra una ilusión óptica muy corriente. Parece que la línea horizontal de la figura de la izquierda es más corta que la de la derecha. Hay otros muchos ejemplos de ilusiones ópticas en las que la imagen engaña continuamente al ojo. Los psicólogos han discutido durante mucho tiempo sobre el origen de las ilusiones ópticas. Hoy se cree que nuestro intento inconsciente de conseguir profundidad y perspectiva en las figuras que observamos hace que veamos, en el conjunto de la figura, detalles que no aparecen en ella.





Prueba de la agudeza visual
La vista suele probarse con el llamado cartel de letras, las cuales pueden ser distinguidas, desde ciertas distancias, por un ojo normal. Si se goza de una vista normal se puede leer la línea inferior. Para niños y personas analfabetas se emplean, p. ej., cuadrados abiertos por un lado. El que se somete a la prueba debe entonces indicar la posición del lado abierto del cuadrado. Las gafas no han cambiado mucho a través de los tiempos, pero las lentes de contacto constituyen un notable avance técnico.







El oculista
El oculista, con sus modernos instrumentos, puede examinar y fotografiar casi 9/10 del interior del ojo. Por eso, depende menos que otros médicos de la información que el paciente da sobre su enfermedad; puede observar directamente la evolución de la misma, a menudo con gran precisión. También puede apreciar la evolución de la hipertensión y la diabetes, por los trastornos que estas enfermedades provocan en el ojo.

Defectos de la visión

El motivo más corriente de una vista insuficiente es que el sistema de lentes del ojo no es capaz de reproducir con igual nitidez los objetos situados a diferentes distancias. Se necesita entonces recurrir a lentes auxiliares de diversa índole, normalmente de cristal. Las *gafas* aparecieron ya en el s. XIII, pero hasta el siglo XVIII no se consiguieron realmente cristales adecuados ni se supo tallar con exactitud las lentes. Los tipos de gafas no han variado esencialmente con el tiempo. Los anteojos utilizados durante el Renacimiento y las gafas de puente modernas se basan en la misma idea. Las *lentillas,* o lentes de contacto que, por ser pequeñas y flotar en el líquido lacrimal existente delante de la córnea, pueden llevarse sin que la gente lo advierta, representan una cierta innovación. Sin embargo, pueden provocar irritación en el ojo.

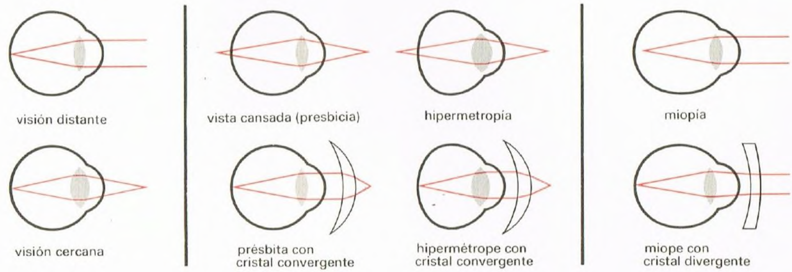
Un defecto que acaba afectando a casi todo el mundo es la *presbicia;* consiste en que el cristalino, al envejecer, se hace menos elástico. El síntoma clásico es que, para leer el periódico, es preciso mantener los brazos extendidos hacia adelante, porque el cristalino no puede curvarse lo bastante como para permitir ver bien, de cerca.

La *miopía* es un defecto frecuente en los jóvenes. Basta una pequeña miopía para aminorar considerablemente la nitidez de la visión.

El *hipermétrope* (hipermetropía) no descubre su defecto tan fácilmente como el miope, ya que suele ver bien a larga distancia. Su dificultad, en cambio, consiste en que los músculos del cristalino deben trabajar incluso en la visión a larga distancia. En la hipermetropía grave se da la misma dificultad que en la *presbicia,* cuando se trata de leer libros a distancia normal. La miopía y la hipermetropía se deben a la falta de acomodación del ojo a las distancias; no obstante, pueden regularse con ayuda de procedimientos artificiales.

Para el *astigmático* el problema es más complicado, ya que su cristalino refracta bien algunas líneas del objeto, y otras mal. Por ejemplo, puede ver que en un reloj son las tres menos cuarto (agujas horizontales), pero cuando son las seis (agujas verticales) quizá ni siquiera vea las agujas. Los defectos de visión son de fácil comprobación en una óptica o en la consulta de un oculista, pero no todo el mundo sabe que adolece de ellos. Tanto un miope como un hipermétrope pueden creer que nadie ve mejor que ellos, y quedar sorprendidos, ante la nitidez de las imágenes, cuando su defecto es corregido.





Visión normal

Las personas con vista normal pueden ver nítidamente el objeto que miran, tanto si está en el horizonte como a pocos decímetros. La capacidad que la lente posee para cambiar de forma hace que los rayos luminosos se concentren nítidamente en la retina. El ojo se mueve continuamente y la mirada se fija en diversas partes de aquello que se observa. En la corteza visual del cerebro se recomponen las porciones del campo visual (arriba).

Presbicia e hipermetropía

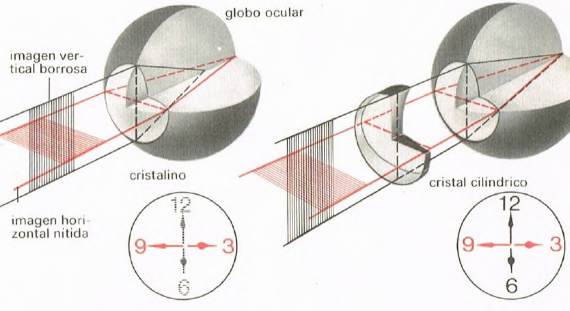
Cuando se envejece, el cristalino no puede curvarse debidamente, siendo difícil ver con nitidez los objetos cercanos. Se dice entonces que el paciente es présbita. En el hipermétrope el ojo es demasiado corto y la capacidad de refracción del cristalino no basta para que la imagen de un objeto cercano se forme con nitidez sobre la retina. En ambos casos, para conseguir una imagen nítida se necesitan lentes convergentes.

Miopía

En el miope el ojo es demasiado largo y, por mucho que se aplane el cristalino, la imagen no llega a formarse con nitidez en la retina, sino siempre delante de ella. En cambio, desde cerca se ve muy claramente. El punto lejano de visión, o sea, el punto hasta donde le alcanza la vista, está para el miope muy cerca, quizá sólo a unos metros. Para ver nítidamente, el miope necesita lentes divergentes.

Astigmatismo

En el astigmático el cristalino es más convexo en una dirección que en otra, lo que implica que se pueda ser miope en una dirección y no serlo en otra. El ojo que aparece en el grabado puede formar imágenes exactas en el plano horizontal y no en el vertical. La persona afectada de astigmatismo puede, por ejemplo, distinguir, en un reloj, cuándo son las tres menos cuarto, pero difícilmente advertirá cuándo son las seis. El astigmático necesita cristales cilíndricos, que son más convexos en la dirección en que lo es menos el cristalino.







Inflamaciones de los ojos
Una afección corriente de los ojos es la inflamación de la esclerótica –la cubierta blanca del ojo– o de los párpados, a causa de partículas o bacterias. El ojo enrojece y la córnea se hincha. A veces una o varias glándulas sebáceas del borde de los párpados se infectan y puede surgir un orzuelo que, en principio, es similar a un grano (arriba a la derecha).





Estrabismo
El estrabismo, que se debe a la posición defectuosa de los músculos de los ojos, no es infrecuente en los niños. Tapando con un trapo el ojo sano, se obliga al niño estrábico a usar también el ojo «bizco» que, en otro caso, terminaría por dar una visión defectuosa, a causa de su escaso uso. En los adultos, el estrabismo puede solucionarse con una intervención quirúrgica.

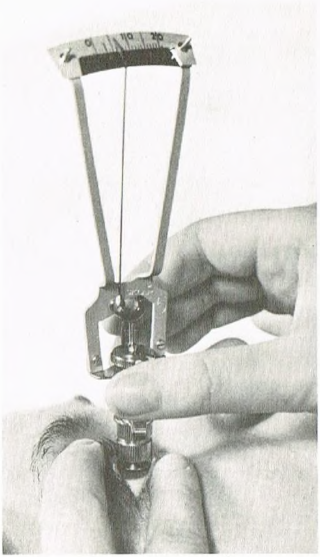
Enfermedades de los ojos

El ojo es un órgano muy sensible y la vista es un sentido que usamos diariamente. Por ello, pocas enfermedades de los ojos pasan desapercibidas. La mayoría de las personas han tenido alguna vez una *conjuntivitis* o *inflamación de los párpados.* El ojo enrojece y se irrita, y el párpado se inflama. La causa puede ser un resfriado, una infección local o la introducción de un objeto extraño en el ojo. La irritación puede obedecer también a la necesidad de usar gafas o, si ya se llevan, de cambiarlas por otras. En cambio, los daños directos en las células visuales suelen deberse a que se han expuesto demasiado a la radiación luminosa, p. ej., a que se ha mirado al

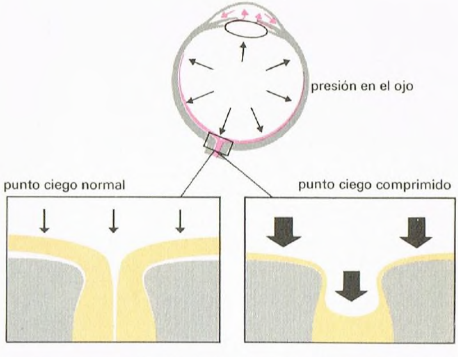
ojos pueden deberse a alguna *alergia;* hay personas que sufren estas dolencias, por ejemplo, todas las primaveras. Los *orzuelos,* que aparecen al borde de los párpados, se deben a la formación de pus en las glándulas sebáceas de los mismos. La *inflamación del iris* suele delatar una infección crónica en alguna parte del cuerpo. Produce enrojecimiento y dolor en el ojo, sobre todo cuando la pupila, con la luz, se contrae. Las cataratas pueden entrañar una importante disminución de la capacidad visual. Pueden ser debidas, de hecho, a enfermedades dispares. La *catarata gris* – o *turbiedad del cristalino* – es frecuente en los ancianos, pero se elimina mediante una operación.



Heridas en el ojo
Los ojos pueden sufrir graves heridas ocasionadas por objetos cortantes o por partículas proyectadas en el aire. En los lugares de trabajo en que se usan, p. ej., discos de esmeril (a la izqda.), los trabajadores se ven obligados a llevar gafas protectoras. Las partículas pueden ocasionar inflamaciones, por ejemplo, en la córnea, y también orzuelos. Si uno de éstos aparece ante la pupila, disminuye la visión. Todavía más peligroso es el objeto que se clava en el ojo o produce un corte con hemorragia. Una escopeta de aire comprimido o un tiragomas pueden ocasionar heridas de este tipo. Si un ojo recibe una herida grave, el ojo sano también corre peligro, ya que puede ser afectado por una inflamación alérgica y perderse, si no se extirpa el ojo enfermo.



tonómetro





campo visual normal



campo visual defectuoso

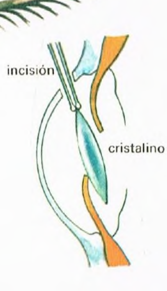
La catarata, en cambio, debida a una elevación anormal de la presión del ojo, secundaria a un proceso glaucomatoso, es mucho más difícil de corregir, porque no se sabe con exactitud cómo tiene lugar en éste la regulación de la presión. No obstante, con ciertos medicamentos y, a veces también, con una intervención quirúrgica, puede evitarse, en estos casos, la destrucción del nervio visual y la consiguiente ceguera.
Otros defectos oculares se deben a accidentes, p. ej., cuando un niño es alcanzado en un ojo por el disparo de una escopeta de aire comprimido o por la piedra de un tirachinas. Y no es sólo el ojo herido el que está en peligro: también el ojo sano puede verse amenazado por una inflamación alérgica que destruya sus tejidos.
La presión alta, la diabetes y las enfermedades renales crónicas producen trastornos muy característicos, sobre todo en la retina. El oculista puede seguir la evolución de esas enfermedades gracias a un fino instrumental con el que pueden hacerse completísimos exámenes y reconocimientos en el ojo.

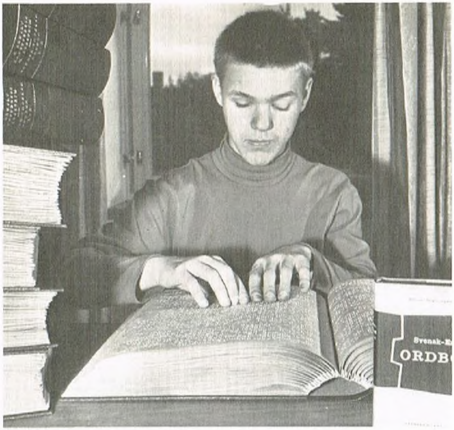
Catarata verde
El líquido que existe en el interior del ojo se halla a cierta presión, la cual se regula gracias a un equilibrio muy delicado entre la entrada y la salida del agua de las cámaras oculares. Si aumenta la presión, que se mide con un tonómetro (a la izquierda), aparece la llamada catarata verde. La presión comprime la retina (arriba) y, sobre todo, el nervio óptico, que se deforma y enferma (arriba, en medio). El paciente con catarata verde ve disminuido, en mayor o menor grado, el campo visual. Los grabados de la parte superior muestran un campo visual normal y un ejemplo de la reducción que la catarata verde entraña para dicho campo. La visión en el campo visual reducido puede ser perfecta, pero el paciente aquejado de esta dolencia ve el mundo como a través de un estrecho agujero.



cristalino turbio

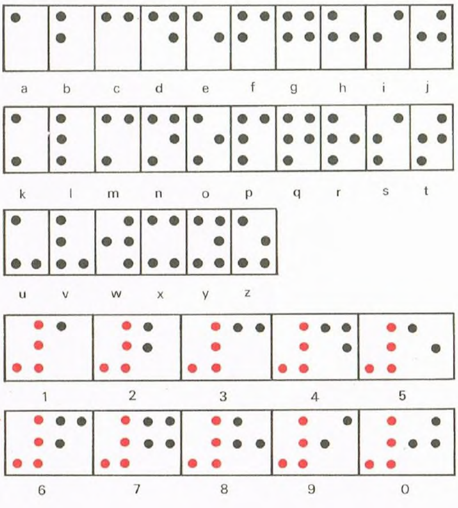
Catarata gris
Pese al parecido de su denominación, la catarata gris es una enfermedad distinta de la anterior. En el cristalino, con la edad, aparecen turbiedades. Si se extienden, han de eliminarse para recobrar la visión (a la derecha). La operación de cataratas es una de las intervenciones quirúrgicas más antiguas. Para sustituir el cristalino, el operado de cataratas debe llevar unas gafas de cristales muy gruesos.





Escritura para ciegos

Existe una escritura para ciegos, que éstos pueden aprender a leer. Fue inventada, hacia 1820, por el ciego francés, de 16 años, Louis Braille, pero no se difundió hasta mediados del s. XIX. Esta escritura consiste en puntos en relieve, que el ciego lee con las yemas de los dedos. Braille se servía de un sistema de puntos, inscritos en un rectángulo que podía contener hasta seis de ellos. Si el número de puntos de cada carácter fuera mayor, los dedos no podrían cubrir por completo cada letra. Con las 63 combinaciones posibles que dan los seis puntos, Braille consiguió crear una escritura con la que se representan también todos los signos matemáticos, químicos y musicales. Abajo se ve el alfabeto y las cifras; éstas tienen los mismos signos que el alfabeto, pero llevan delante el signo de cifra (en rojo). En las escuelas especiales los ciegos aprenden a leer y escribir esta escritura. Para esto último disponen de máquinas especiales, que recuerdan las máquinas de escribir corrientes (abajo, a la derecha). Los libros para ciegos resultan muy voluminosos. Un volumen común equivale a ocho tomos en escritura Braille.



Ceguera

Se calcula que en todo el mundo hay unos 14 millones de ciegos; en España existen 30000. De ellos, el grupo más numeroso está constituido por personas que sobrepasan los 70 años.

Las causas de la ceguera varían con la edad. En los niños suele tratarse de malformaciones congénitas –a menudo hereditarias–; el número debido a accidentes es relativamente pequeño. En edades avanzadas, la diabetes es la causa más corriente de la disminución de visión o de la ceguera.

Hoy en día las personas ciegas, en edad activa, tienen muchas posibilidades de instruirse y de desarrollar una actividad laboral. Ha pasado el tiempo en que los ciegos sólo podían dedicarse a la cestería y fabricación de cepillos. El ciego posee una gran ventaja sobre el sordomudo: tiene acceso completo al lenguaje, por lo que puede poner en juego toda su inteligencia.

La escritura para ciegos ofrece posibilidades de formación intelectual y de estímulo. Ultimamente, gracias a la técnica de la grabación, el ciego tiene también acceso a los libros y periódicos hablados, instrumentos valiosísimos para el contacto con el mundo exterior. Para los niños ciegos es fundamental asistir a escuelas especiales donde, además de la enseñanza básica normal, aprenden a entender y manejar instrumentos técnicos. Deben, empero, tan pronto como sea posible, incorporarse a la escuela o a la vida laboral, junto con los videntes. Muchos ciegos trabajan ahora en toda una serie de profesiones «normales», tanto manuales como intelectuales.







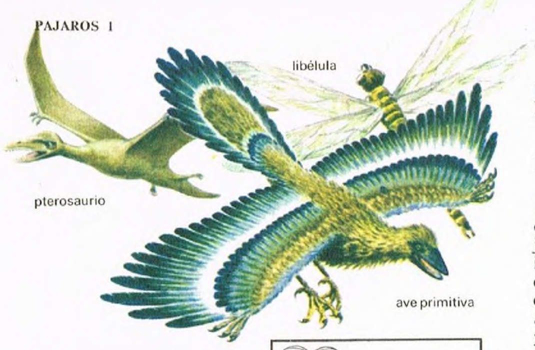
Formación escolar
Una escuela básica para niños ciegos debe ofrecer enseñanza teórica y cierta formación profesional; así mismo debe permitirles el acceso a otras actividades. El entrenamiento físico es importante. Una piscina proporciona diversión y actividad. En estas escuelas se dispone de material especializado. Mapas, cuadros y obras de arte en relieve ofrecen a los niños la posibilidad de captar con las manos una imagen.

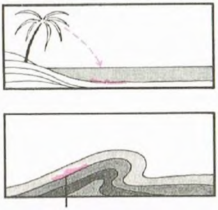


Formación profesional
No hay profesiones exclusivas de ciegos, pero hay toda una serie de profesiones aptas para ellos. Muchos, p. ej., aprenden diversos trabajos industriales. El obrero que aparece en la fotografía trabaja con un torno de revólver. Con un sencillo instrumento técnico auxiliar, por ejemplo, una herramienta de medición especial, el ciego puede ser muy hábil. En el mundo de los negocios y en las oficinas, los ciegos pueden trabajar con ayuda de calculadoras para ciegos y magnetófonos.
Con instrumentos adecuados y buenos maestros, el ciego puede acomodarse a numerosos trabajos.

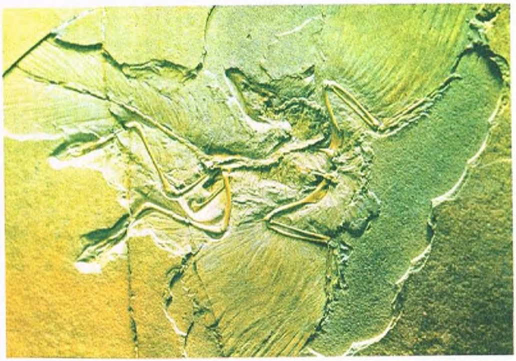


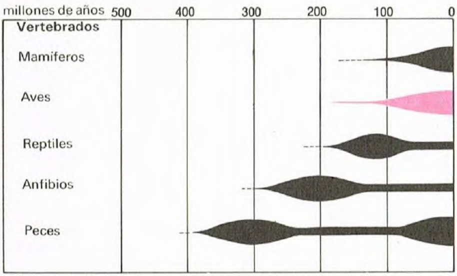
El bastón y el perro
El deseo del ciego de bastarse a sí mismo ha dado origen al bastón blanco: un instrumento imprescindible y una señal de tráfico muy práctica. En escuelas especiales se enseña a los ciegos la técnica del bastón. Deben aprender la técnica de la diagonal – mantener el bastón ante el cuerpo – y la del péndulo – mover pendularmente el bastón adelante y atrás, con un ligero roce sobre el suelo –. Deben entrenarse también en atravesar una calle, bajar una escalera, etc., con ayuda del bastón. Este puede combinarse con un perro-guía, especialmente amaestrado, por ejemplo, para evitar los obstáculos de las calles.





El pájaro primitivo
Constituyó un descubrimiento sensacional el hallazgo del fósil de un tipo de ave antiquisimo, parecido a un reptil, encontrado en los estratos jurásicos de Baviera, a mediados del s. XIX. Se cree que vivió hace 150 millones de años cuando existían también otros animales alados –libélulas y pterosaurios.





Las aves y mamíferos empezaron a evolucionar a partir de los reptiles. El cálido clima de principios de la era terciaria dio por resultado una enorme expansión de las aves, con una variedad de tipos y riqueza de color comparable a la que vemos hoy en las especies tropicales.

PAJAROS Y OTRAS AVES

Los soberanos del aire

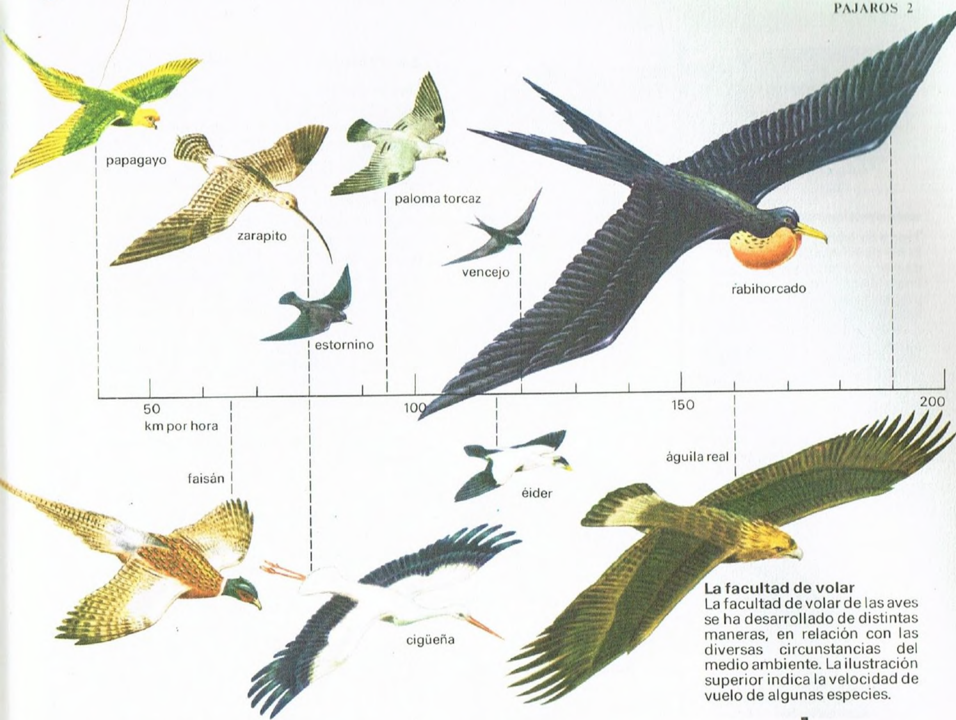
Hace más de 150 millones de años, en las calurosas y húmedas junglas del período jurásico, la primera ave levantó su vuelo inseguro por entre helechos y gigantescas coníferas. No hay duda alguna sobre el origen de esta ave primitiva, el *Arqueopteryx:* tenía el mismo cráneo, cola y dentición que los reptiles y sus alas estaban provistas de garras.

No sabemos a ciencia cierta qué reptil fue el antecesor de esta primera ave. Los científicos suponen que era un lagarto trepador, cuyas patas delanteras se habrían utilizado gradualmente como alas, primero para un rudimentario vuelo planeado y posteriormente para el vuelo propiamente dicho.

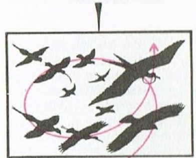
Esta ave primitiva, sin embargo, no fue el primer animal capaz de volar. Precisamente en el período jurásico, existió un grupo de reptiles con alas consistentes en una envoltura cutánea sostenida por un solo dedo. Unos tenían el tamaño de un gorrión; otros en cambio alcanzaban una envergadura de 8 m. De todos modos, los seres alados más antiguos fueron insectos similares a la libélula, que evolucionaron en el período silúrico, hace unos 275 millones de años.

De los tres grupos citados, hoy los reptiles voladores se han extinguido, mientras que los insectos no han sufrido cambios evolutivos importantes. En cambio, las aves han alcanzado una progresiva adaptación a la vida en el aire. Los huesos de su esqueleto, robustos y pesados en las aves primitivas, se tornaron ligeros y huecos; los débiles músculos del pecho se robustecieron para poder mover las alas. Un acelerado metabolismo proporcionó la energía requerida para el vuelo. Durante su evolución, las aves se han ido adaptándo a los más variados ambientes. Hoy día existen casi 10 000 especies, que pueblan desde los vastos hielos árticos hasta las selvas tropicales.

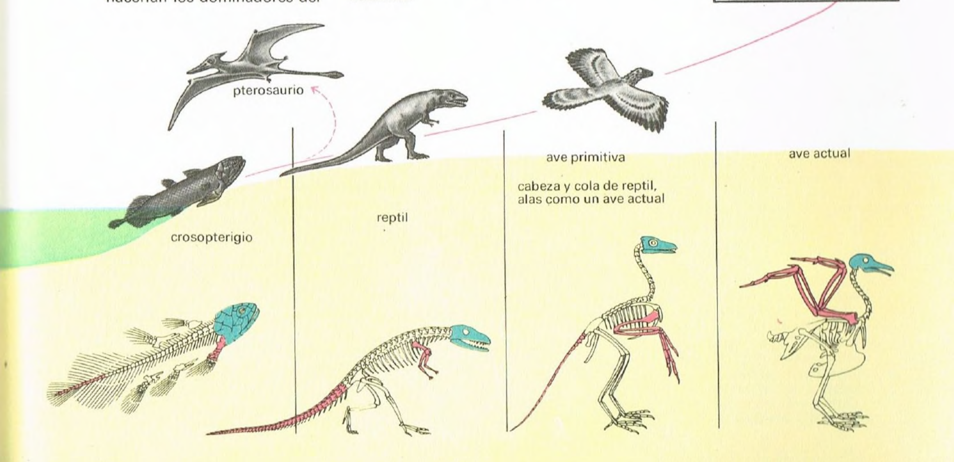
Desde que un pez crosopterigio abandonó el agua para vivir en tierra firme, hace unos 300 millones de años, los reptiles y, posteriormente, las aves primitivas han experimentado cambios por evolución hasta llegar a ser los dominadores del aire: vencejos, que pasan su vida prácticamente en el aire; rabihorcados, capaces de alcanzar una velocidad de casi 200 km por hora, empujados por los vientos marinos; aves migratorias, capaces de volar a casi 9 000 m de altura, por encima de los picos montañosos del Himalaya; etcétera.



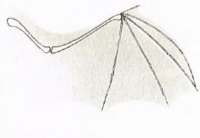
La facultad de volar
La facultad de volar de las aves se ha desarrollado de distintas maneras, en relación con las diversas circunstancias del medio ambiente. La ilustración superior indica la velocidad de vuelo de algunas especies.



Del crosopterigio al pájaro
Los reptiles terrestres derivaron de un pez crosopterigio, cuyas aletas evolucionaron hasta transformarse en patas. Ayudándose con sus garras, algunos reptiles empezaron a trepar por los arboles. De ellos nacerían los dominadores del aire: reptiles voladores con unas alas semejantes a las del murciélago y aves primitivas provistas de garras en las alas, y de dientes en el pico. Los reptiles voladores se extinguieron, mientras que las aves primitivas originarían nuestras aves actuales.







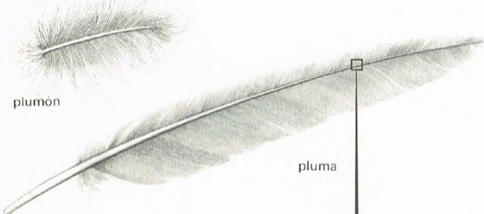


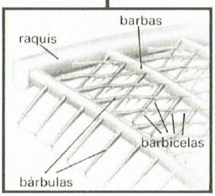
Tipos de alas
El ala de la libélula está formada por una membrana de quitina y la del murciélago por una piel sostenida por los dedos. El ala del ave constituye la solución más inteligente al problema del vuelo: posee plumas de sostén en la base y plumas con función propulsora en los extremos.

La anatomía de las aves

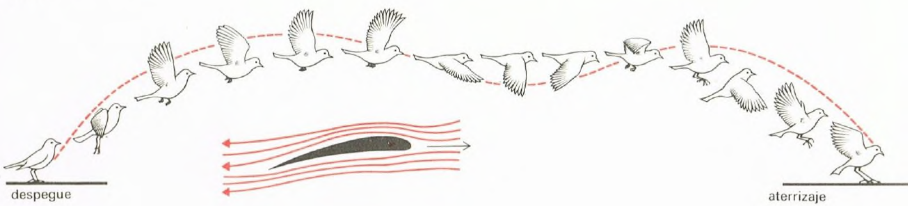
Desde que las aves evolucionaron a partir de los reptiles y adquirieron la facultad de volar, sus cuerpos se han ido adaptando progresivamente a la vida en el aire. Sus *huesos* son tubos huecos reforzados por tirantes interiores, que combinan así la ligereza con la resistencia. Los pulmones tienen como complemento un sistema de *sacos de aire*. Esto hace que el cuerpo sea liviano y que el aporte de oxígeno sea intenso, factor necesario para acelerar el metabolismo, conforme exige el gran consumo de energía de los movimientos de vuelo. *Las plumas* han evolucionado a partir de las escamas de los reptiles. La ingeniosa configuración que presentan en los pájaros permite una técnica de vuelo superior a la de cualquier otro animal alado. Las alas son accionadas por fuertes *músculos pectorales* insertos en el esternón.

¿Cómo puede volar el ave? Sus potentes músculos mueven *las alas* capaces de realizar una función tanto planeadora como propulsora. El ala, con sus anchas plumas dirigidas hacia atrás, desempeña la función de *plano de sostén* según el principio aplicado a las alas de los aviones. La cara superior del ala presenta una pronunciada curva convexa, y la inferior es ligeramente cóncava. Al avanzar el ave en su vuelo, pasa una corriente de aire por el ala que origina un vacío en su parte superior y un exceso de presión equivalente en su parte inferior. Esta fuerza ascendente, no obstante, empujaría al pájaro hacia atrás si al mismo tiempo las plumas de la extremidad del ala no actuasen como una *hélice*. Cuando las alas descienden, sus plumas fundamentales giran en torno a su inserción y se separan

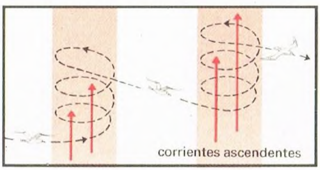




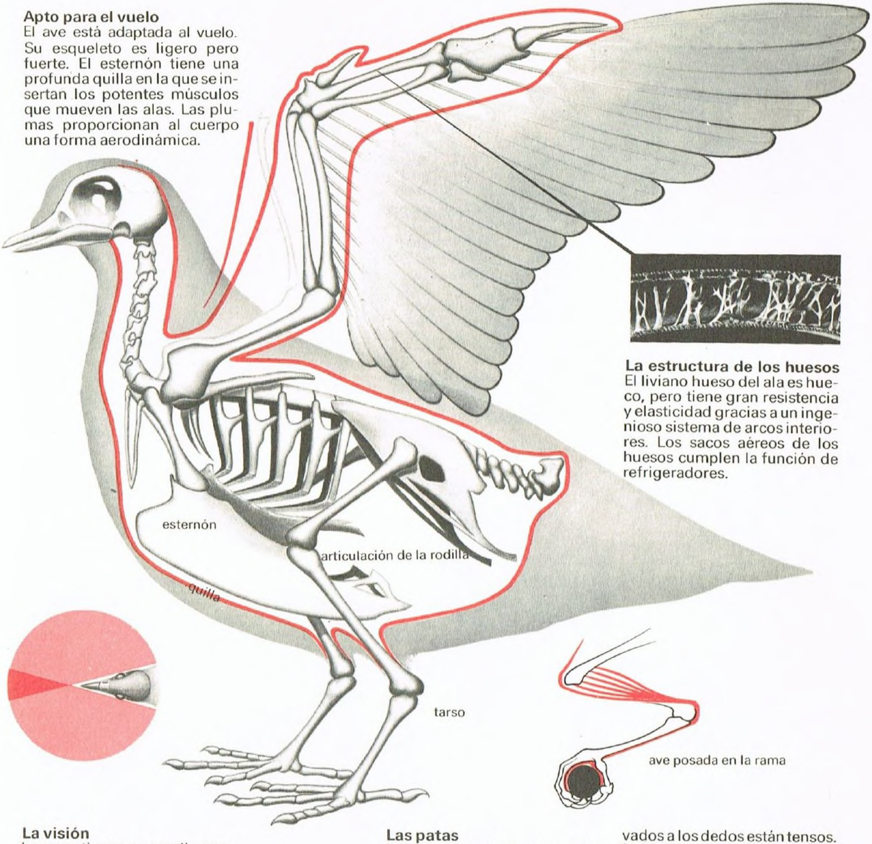
La pluma
El microscopio muestra el prodigio técnico que representan las remeras, o plumas mayores del ala. Rígido en la base y más flexible hacia el extremo, el raquis sostiene las barbas, que tienen numerosas bárbulas. Cada bárbula tiene barbicelas, en forma de pequeños ganchos, mediante los que se unen las barbas. El suave plumón da al ave la posibilidad de mantener una alta temperatura corporal.



Vuelo
Las aves levantan el vuelo en dirección contraria a la del viento. La forma del ala provoca un vacío en su cara superior y una presión alta en la inferior, creando una fuerza ascendente que permite al ave vencer el efecto de la gravedad. El extremo del ala actúa como una hélice. En cada aleteo el ala efectúa un movimiento de vaivén hacia arriba y hacia abajo, que empuja el aire hacia atrás y permite al pájaro avanzar.
Los pájaros planeadores aprovechan las corrientes ascendentes de aire caliente para elevarse, a menudo siguiendo curvas de forma helicoidal (a la derecha).



Apto para el vuelo
El ave está adaptada al vuelo. Su esqueleto es ligero pero fuerte. El esternón tiene una profunda quilla en la que se insertan los potentes músculos que mueven las alas. Las plumas proporcionan al cuerpo una forma aerodinámica.



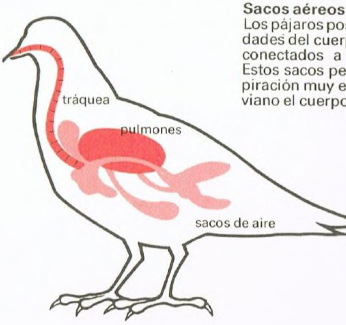
La estructura de los huesos
El liviano hueso del ala es hueco, pero tiene gran resistencia y elasticidad gracias a un ingenioso sistema de arcos interiores. Los sacos aéreos de los huesos cumplen la función de refrigeradores.

La visión
Las aves tienen un amplio campo visual. La chocha (arriba) alcanza a ver casi por detrás de la cabeza. La vista de un halcón es 8 veces más aguda que la de un hombre; las aves pequeñas tienen una visión más débil que la nuestra.

Las patas
Las aves poseen un mecanismo automático de bloqueo en las patas, que les impide caer de la rama cuando duermen. Cuando la pata está doblada, los músculos que mantienen curvados a los dedos están tensos. La parte inferior de la pata se denomina tarso; está formada por la fusión del tobillo y el metatarso. Por estar el fémur en el interior del cuerpo, la articulación de la rodilla no resulta visible.

Sacos aéreos
Los pájaros poseen en las cavidades del cuerpo sacos aéreos conectados a los pulmones. Estos sacos permiten una respiración muy eficaz y hacen liviano el cuerpo.

por sus extremos, con lo que el ala corta el aire como la pala de una hélice. Cambiando la posición de las plumas remeras o plumas mayores de sus alas, el ave regula su velocidad y el ángulo de ataque del ala. El vencejo, al posarse, despliega totalmente las alas como un paracaídas de gran abertura y de acción rapidísima. El colibrí puede incluso volar hacia atrás. Las aves con alas largas y anchas pueden planear durante horas aprovechando las corrientes térmicas de aire ascendente, o los movimientos del aire sobre la superficie del mar.





Aves de monte y mares

Las aves se han adaptado a los ambientes más variados. Se hallan en todo el mundo, desde los desiertos hasta los océanos. Anidan en los hielos eternos de las zonas polares y en las húmedas selvas tropicales. Se instalan en grandes ciudades o viven en islas casi desiertas.
En 1830, Carlos Darwin descubrió, en las Islas Galápagos, que los descendientes de una misma especie de pájaros se habían adaptado de distintas maneras a las zonas y medios de vida que las islas ofrecían. Resultaba evidente que algunos pinzones, llevados por el viento, se habían asentado originariamente en una de las islas. Sus descendientes evolucionaron y dieron lugar a 14 especies distintas, de las cuales unas son insectívoras, otras herbívoras, algunas viven en cactos y otras incluso utilizan «herramientas». Este proceso de evolución se produjo por selección natural; sólo las formas mejor dotadas pudieron sobrevivir y reproducirse. Este proceso se denomina radiación adaptativa. La evolución de los pinzones en las Islas Galápagos constituye un mo-

En las montañas
Las escasas especies de pájaros que viven en las montañas pueden efectuar largos vuelos, con frío y nieve. El cóndor y el águila real son excelentes voladores; la perdiz nival tiene un tupido plumaje que le proporciona buen abrigo.





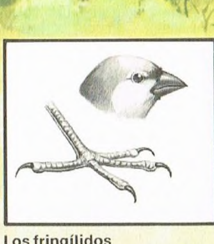
En los bosques y sus linderos
El urogallo, que se alimenta de bayas, el pito real, y el cárabo común, son conocidas aves de bosque. El pinzón real vive en el interior de los grandes bosques.



Aves rapaces
Las rapaces son buenas voladoras y poseen afilados picos y garras. Sus presas mueren al penetrar las garras en el corazón o los pulmones.

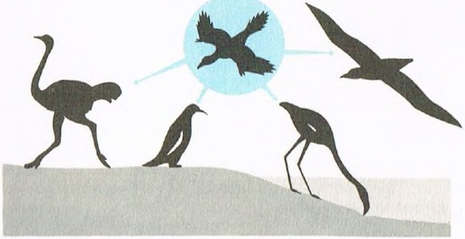


Pájaros trepadores
El pito real tiene un fuerte y agudo pico. Al trepar por los árboles, se apoya sobre su cola y sobre dos dedos de sus patas, orientados hacia atrás.



Los fringílidos
Los fringílidos tienen un fuerte pico adecuado para descortezar semillas. Sus patas están adaptadas tanto para la vida en el suelo como en los árboles.

delo reducido de la enorme radiación que ha desembocado en las numerosas especies actuales de aves, todas ellas derivadas del primitivo *Arqueopteryx*.
Hoy en día la cantidad de aves existentes se cifra, aproximadamente, en 100 000 millones y el número de especies en unas 10 000. El mayor número corresponde al orden de los pájaros o paseriformes, con unas 5 300 especies, que abarcan desde el gorrión hasta las exóticas aves del paraíso. Durante los últimos 350 años, por lo menos 60 especies han sido exterminadas, directa o indirectamente, por el hombre, y otras están en vías de desaparición. Los biocidas de nuestros días constituyen un serio peligro para muchas aves en las áreas cultivadas de Europa y Norteamérica. En España todas las rapaces están protegidas por la ley, en particular la bellísima águila imperial gravemente amenazada.
Idénticas especies de aves aparecen en zonas totalmente distintas. El cuervo común, p. ej., se halla en el Sahara, en los bosques de coníferas de Siberia y en Groenlandia.



Adaptación
El avestruz de la sabana, el pingüino de las heladas zonas antárticas, el albatros de los mares y el flamenco de las aguas pantanosas africanas descienden todos de un mismo antepasado. Las distintas especies de aves se han ido formando en su lucha por la existencia, adaptándose a los más variados medios ambientes.



En las riberas y costas
Las aves que habitan junto al agua presentan gran variedad de especies. Entre ellas están las garzas, chorlitos, los patos, los somormujos, y muchas otras.

En las planicies
Los pájaros de las planicies suelen ser malos voladores y buenos corredores. Se protegen por su mimetismo con los colores del suelo.

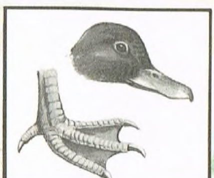
En los mares
Millones de pájaros toman su alimento del mar. La mayoría son hábiles voladores. El albatros es capaz de dar la vuelta al mundo en menos de 80 días volando sobre el océano.



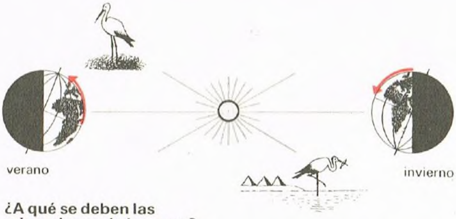
Gallináceas
Las patas resistentes, apropiadas para escarbar y huir velozmente, son características de las gallináceas. Por ser herbívoras tienen un pico débil.



Aves zancudas
Las patas y picos largos facilitan a las zancudas la búsqueda de sustento en las charcas. Los largos dedos impiden que se hundan en el fango.



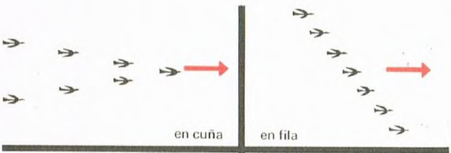
Aves palmípedas
La membrana interdigital de las palmípedas hace de sus patas remos. Los patos filtran pequeñas partículas con las laminillas de su pico.

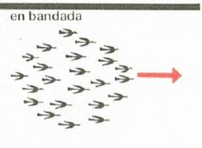


¿A qué se deben las migraciones de las aves?
El motivo principal de las migraciones de las aves reside en su necesidad de obtener alimentos. Cuando el sustento empieza a escasear, hacia el otoño, las aves inician su vuelo hacia el Sur. Durante el período de apareamiento y cría, en la primavera, regresan al Norte, donde las posibilidades de nutrición son entonces mayores y donde hay más horas de luz diurna en las que buscar sustento para sus crías. La cigüeña, que pasa el verano en Europa, inverna en Sudáfrica.



Tiempo de migración
¿Qué factor determina el momento de migración para las aves? Probablemente influye una combinación de actividad hormonal y estímulos externos, p. ej., los cambios de temperatura. Las golondrinas emigran a finales de septiembre; a menudo se reúnen en los hilos eléctricos antes de emigrar.

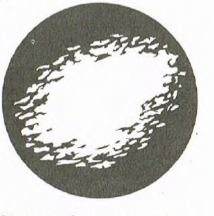




Formaciones de vuelo
Es conocido el vuelo en forma de cuña de los ánades y las grullas. Otras aves acuáticas suelen volar en largas filas ondulantes. Los pájaros pequeños vuelan en bandadas. Las rapaces vuelan solas.



Anillamiento
Más de 30 millones de pájaros han sido anillados, es decir provistos de un anillo con un número y una dirección. Así se han llegado a conocer sus rutas migratorias.



Observaciones por radar
Con la ayuda del radar se ha comprobado que muchos pájaros vuelan por la noche en amplios frentes. Los pájaros pequeños vuelan con frecuencia a una altura de 1500 m.

Aves migratorias

«Las migraciones de las aves en el transcurso de las estaciones del año son sorprendentes.» Estas palabras fueron pronunciadas por Linné. Si el gran botánico viviera hoy día, encontraría tales migraciones mucho más fascinantes, tras los modernos descubrimientos científicos. Linné creía que las golondrinas pasaban el invierno en el fondo de los lagos y que las alondras invernaban bajo piedras. En la actualidad sabemos que las golondrinas vuelan hasta Sudáfrica y que las alondras invernan en el este de Europa. El trazado de las rutas de migración se obtuvo gracias al anillamiento de las aves. En la actualidad en todo el mundo se marcan las aves con anillos. Sólo en los Estados Unidos y en Canadá se han anillado de esta manera más de 11 millones de aves.
Cada primavera y verano un tercio de las especies de aves realizan viajes, más o menos largos, entre sus zonas de cría y sus lugares de invernada. En el hemisferio norte, estas migraciones se dirigen generalmente de norte a sur en otoño y en dirección opuesta en primavera. Las aves siguen rutas cuyo conocimiento han adquirido por herencia. No obstante estas rutas no están estrechamente delimitadas y la migración tiene lugar dentro de un frente amplio. Las aves del norte de Europa siguen dos rutas principales, una que pasa por Turquía y otra por Gibraltar. Muchas permanecen en Europa occidental. Las golondrinas, los verdecillos, los cuclillos, las grullas, las abubillas, los zorzales y muchas otras aves vuelan hacia Africa. Las golondrinas escandinavas, que vuelan de Laponia a Africa del Sur, recorren la enorme distancia de 14000 km.
¿Cómo pueden orientarse los pájaros en estos largos recorridos? Algunos vuelan principalmente de día, otros por la noche. Los científicos creen que los migradores diurnos se orientan por la posición del Sol en el firmamento y que los nocturnos se valen de las estrellas. Sin embargo, el problema de la orientación de las aves no se ha resuelto por completo. En los últimos años se han utilizado el radar y las emisoras miniaturizadas para el estudio de las migraciones de las aves.
Diversos peligros amenazan a las aves durante su largo vuelo: tempestades, niebla, faros, antenas de televisión, etc. En un aeropuerto de Estados Unidos, 50000 pájaros murieron en una sola noche al caer al suelo deslumbrados por los focos.
Muchas aves vuelven regularmente al área que habitaron en veranos anteriores.


colirrojo americano

Rutas de migración en el Oeste

Las aves de tierra firme no suelen volar sobre el mar. El chorlito parte de Alaska y atraviesa Centroamérica en su viaje hacia el Sur, mientras que el charlatán elige la ruta de las islas del caribe.

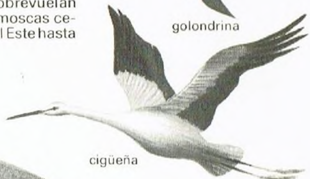
Rutas de migración en el Este

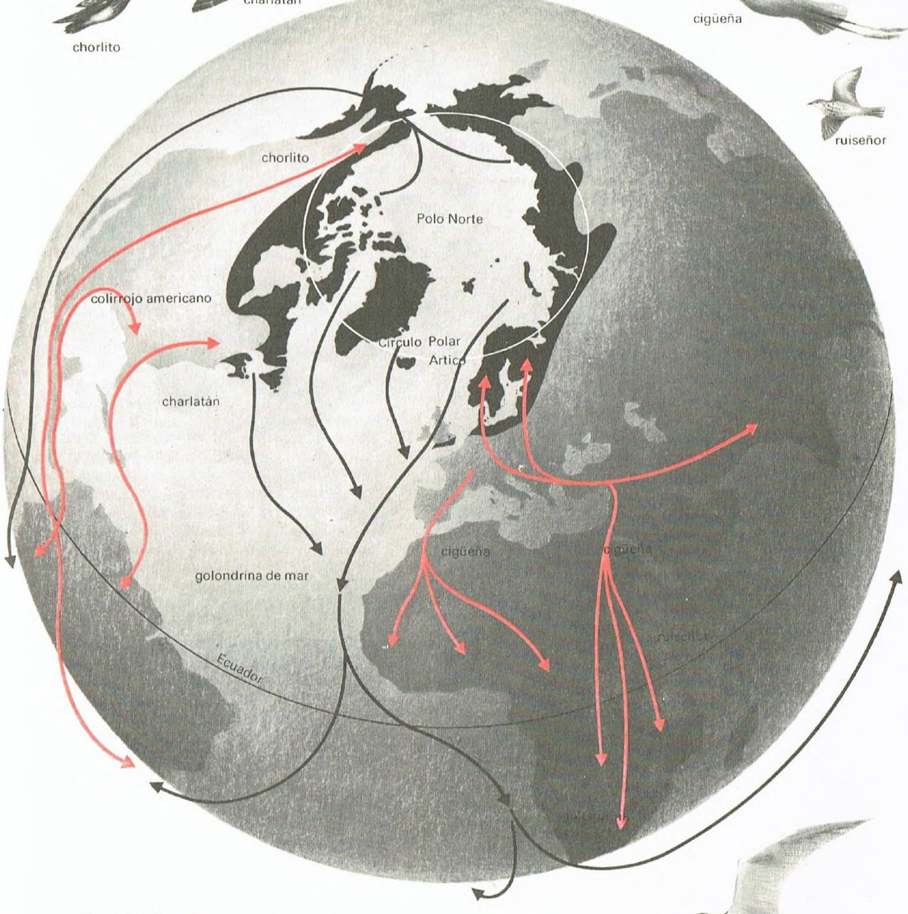
En Europa la ruta de migración atraviesa el estrecho de Gibraltar. Ciertas cigüeñas, gorriones y ruiseñores sobrevuelan el Bósforo. El papamoscas cerrojillo vuela hacia el Este hasta llegar a Indonesia.


golondrina


charlatán


chorlito


cigüeña

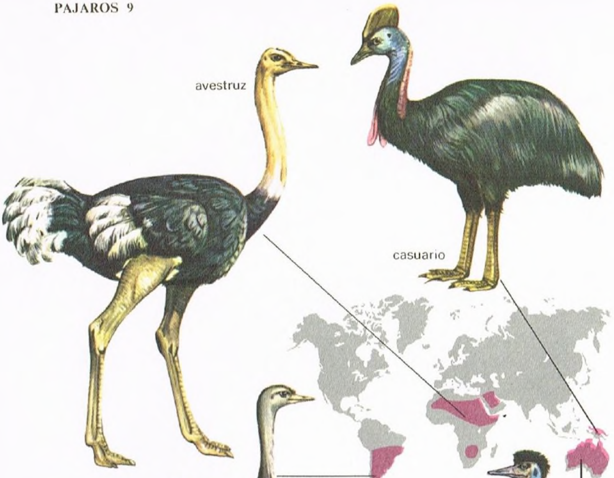


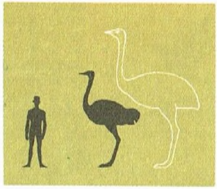
ruiseñor

El vuelo récord

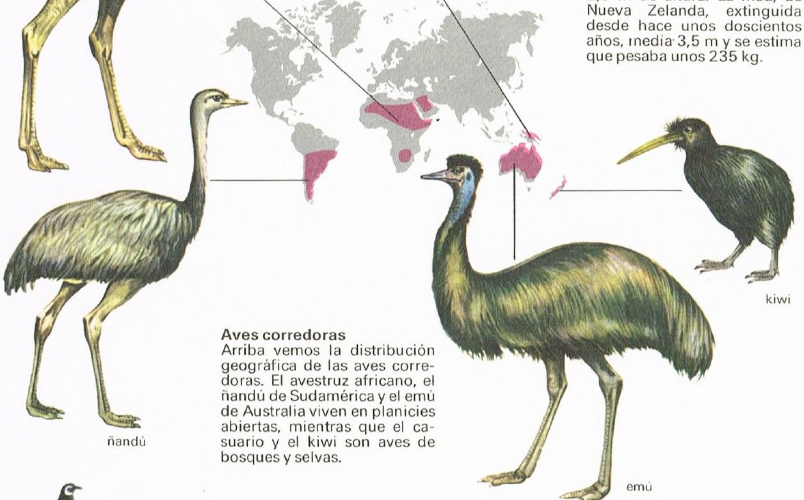
La golondrina de mar es el máximo volador entre las aves migratorias. A finales del verano abandona sus lugares de apareamiento y cría en el Norte (área en negro); vuela a lo largo de las costas y por el mar (flechas negras) hasta la Antártida. Una golondrina de mar, marcada con un anillo en la costa este del Labrador, apareció 90 días más tarde en el litoral este de Africa, a 14 500 km de distancia.


golondrina de mar

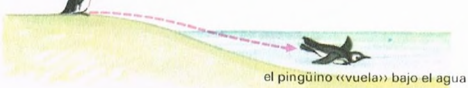




El ave de mayor tamaño
La mayor ave de nuestro tiempo, el avestruz africano, alcanza 2,5 m de altura. La moa, de Nueva Zelanda, extinguida desde hace unos doscientos años, media 3,5 m y se estima que pesaba unos 235 kg.



Aves corredoras
Arriba vemos la distribución geográfica de las aves corredoras. El avestruz africano, el ñandú de Sudamérica y el emú de Australia viven en planicies abiertas, mientras que el casuario y el kiwi son aves de bosques y selvas.


el pingüino «vuela» bajo el agua

Los pájaros bobos
Los pájaros bobos, también llamados, aunque erróneamente, pingüinos, viven en los fríos océanos antárticos. Sus cortas alas no les permiten volar, pero en cambio les sirven para nadar a una velocidad de 40 km por hora.



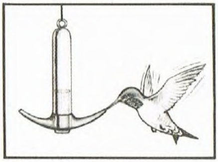
Aves exóticas

La diferencia entre el avestruz, la mayor ave del mundo, que mide 2,5 m de altura, y el colibrí, la más pequeña, que tiene 5 cm de longitud, constituye un ejemplo, entre los muchos que podemos encontrar, de la variación entre las aves. Anteriormente se creía que los *avestruces* derivaban de aves no voladoras, pero hoy se supone que, al igual que los pingüinos, perdieron su facultad de volar por no precisar de ella. Con sus resistentes patas, los avestruces son, en cambio, unos excelentes corredores. El *avestruz africano*, con dos dedos en cada pata, vive en la sabana abierta, conviviendo con los mamíferos que se alimentan de pastos. Se le domestica fácilmente y se le cría en granjas para aprovechar las bellas plumas de su cola. Su huevo –el mayor de los existentes– pesa de 1 a 2 kilos. El *ñandú* sudamericano se parece al avestruz; tiene tres dedos en las patas y care-





El pájaro más pequeño
Un colibrí, el sunsún de Cuba, tiene una longitud de 5 cm y pesa menos de 2 gramos. Su nido cabe en un anillo. Al igual que las mariposas, este pájaro chupa el néctar de las flores con su largo pico.



comedero para colibríes

ce de plumas en la cola. Vive en manadas en las pampas de Argentina y el Brasil. En las selvas de Australia y Nueva Guinea existe el *casuario*, animal que corre por entre la vegetación espesa a una velocidad sorprendente. Otro tipo de ave corredora australiana es el emú, que destruye las cosechas y por esta razón es intensamente perseguido. El singular kiwi, que está protegido por la ley y es un símbolo nacional neozelandés, desciende probablemente de las enormes *moas*, extinguidas en la actualidad.

Los pájaros bobos (mal llamados pingüinos) viven en colonias que a veces comprenden cientos de miles de individuos. Su elemento natural es el agua; sus alas funcionan como remos y su habilidad en nadar sólo puede ser comparada con la de las focas. La forma del cuerpo facilita su gran agilidad en el agua y las plumas constituyen un revestimiento impermeable. Un «abrigo» de plumón les protege contra el viento. Viven solamente en el hemisferio sur; la mayoría en la Antártida y algunas especies en el litoral de Sudamérica, Australia y Africa.

Muchos pájaros se alimentan del néctar de las flores, al igual que las mariposas. Entre ellos se cuentan los colibríes, que viven en todo el continente americano. Estos pequeños pájaros, mientras chupan el néctar de los cálices de las flores con sus picos aguzados, se sostienen en el aire con unos movimientos de ala tan rápidos que el ojo humano no alcanza a verlos. A pesar de su pequeño tamaño consumen grandes cantidades de energía. Si un ser humano hubiera de trabajar con igual desgaste, necesitaría comer 130 kilogramos de hamburguesas al día y, a fin de mantener la temperatura del cuerpo por debajo de los 100° C, debería exudar 45 litros de agua por hora.



Especies exóticas
Las aves exóticas presentan rasgos singulares. Con sus picos especialmente conformados, los flamencos capturan pequeños animales y los pelícanos pescan peces. Tanto el pico del tucán como la vistosa cola del ave del paraíso parecen servir para atraer al sexo opuesto.

El comportamiento de las aves

Al describir las aves, se les ha atribuido cualidades humanas: inteligencia, sensibilidad estética, etc. Akka, el ganso salvaje de las obras de Selma Lagerlöf, podía pensar, hacer proyectos, experimentar satisfacción y tristeza, en fin, ¡incluso hablar! Evidentemente Akka es una figura de leyenda. La moderna psicología animal, la etología, no ha encontrado en las aves ni en otros animales pruebas de un tipo de inteligencia racional.

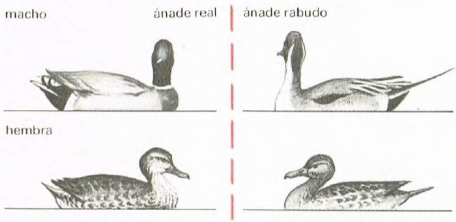
La etologia es una de las ramas de estudio más modernas dentro del campo de la zoología. Se acostumbra a situar su nacimiento hacia 1922, fecha en que se publicaron los primeros trabajos sobre jerarquía y territorialismo en las aves. Los trabajos posteriores, entre los que destacan los de Konrad Lorenz y Niko Tinbergen, se han basado también, en gran parte, en estudios sobre el comportamiento de las aves.

El comportamiento de las aves da a menudo la impresión de responder a una intención determinada. Cumple una función útil para su existencia y para la continuidad de la especie. Sin embargo, su estudio atento descubre que las aves ignoran el fin al que sus actos se encaminan. Su comportamiento está dominado, por una parte, por *acciones instintivas* congénitas y, por otra, por reacciones aprendidas en sucesivos ensayos y errores.

Las acciones instintivas suelen ser provocadas por uno o más estímulos-llave. Cuando el petirrojo ataca a otros machos adultos en su territorio, el pecho colorado



Estímulo-llave
Durante el periodo reproductor, el petirrojo ahuyenta de su territorio a los machos de su especie. Sin embargo, un petirrojo disecado, sin la mancha colorada del pecho, no es perseguido, mientras que un pedazo de algodón rojo es objeto de fieros ataques. Por tanto, esta agresividad la provoca la mancha roja del pecho o de cualquier otro objeto similar, es decir un estímulo-llave, que desencadena la acción instintiva.



Apareamiento
Desde el punto de vista fisiológico, el ánade real puede tener crías con el ánade rabudo. No obstante, el plumaje y los movimientos del macho difieren en ambas especies, lo que evita el cruzamiento entre ambas. Entre los movimientos que preceden a la cópula, hay algunos comunes a las dos especies, p. ej., el giro del cuello (ilustración superior); los diferentes dibujos del cuello de los machos (anillo en el ánade real, y raya vertical en el ánade rabudo) suscitan la respuesta sexual sólo en la hembra correspondiente.



Estímulo supranormal
El instinto de empollar está ligado en las aves al ciclo sexual. El estímulo-llave es la presencia del huevo. Los etólogos han descubierto que ciertas aves, por ejemplo la gaviota, prefieren incubar huevos enormes en lugar de los suyos propios. Estos estímulos supranormales se logra provocarlos también con muñecos o imitaciones del estímulo normal.

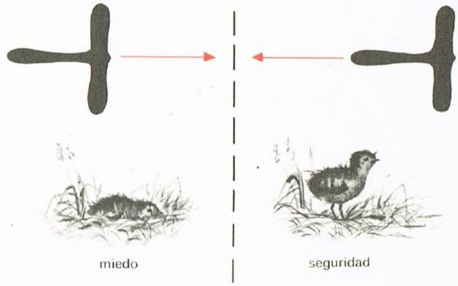
Estímulo de alimentación
Durante la época de cría la gaviota tiene una mancha roja en el pico. Esta mancha induce a la cría a pedir alimento, que se comporta así incluso ante un muñeco que presente dicha mancha.





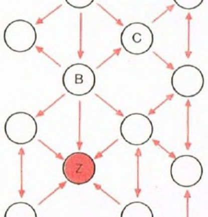
Imprimación
El etólogo K. Lorenz descubrió que los gansos recién nacidos podían ser inducidos a seguirle a él en lugar de a la madre. Arriba vemos a Lorenz con unos gansos jóvenes.

Instinto de protección
El pato recién salido del cascarón se esconde instintivamente al ver un objeto de forma parecida a una ave rapaz. Al mover este objeto en sentido opuesto, parece un pato, y entonces no se provoca dicha reacción.



de sus contrincantes constituye el estímulo-llave. Ante un poco de algodón rojo, se comporta de idéntico modo.
Una forma especial de aprendizaje se basa en lo que se denomina *imprimación*. Lorenz demostró que patos recién nacidos, empollados en una incubadora, siguen al primer objeto en movimiento que ven a su alrededor, tanto si se trata de una persona como de una pelota arrastrada por una cuerda, etc. La imprimación tiene lugar al cabo de muy poco tiempo de salir del huevo, y normalmente la madre es el objeto en movimiento. Estos estudios de los etólogos han inducido a los psicólogos de la infancia a tomarse mayor interés por el estudio de los primeros meses de vida de los niños.
El comportamiento de las aves se estudia en la naturaleza y en el laboratorio. Mucho se ha aprendido utilizando objetos simulados. Por ejemplo, se ha demostrado que un huevo enorme provoca en la gaviota un estímulo supranormal que le hace abandonar sus propios huevos. Los investigadores consideran esta reacción totalmente comparable a la humana ante la publicidad moderna.





Jerarquía
Los etólogos han descubierto la existencia de un orden social entre las aves de corral, parecido al que, según los sociólogos de la infancia, existe en los patios de los colegios. En un grupo de gallinas se forma gradualmente un «orden jerárquico». La gallina A, que encabeza este orden jerárquico, picotea a todas las demás, pero en cambio nunca es atacada. La B sólo recibe picotazos de la A, y así sucesivamente. La última dentro de este orden, la Z, no picotea a ninguna, y en cambio recibe picotazos de todas.



aves de corral



aves de jaula

pequeños pájaros



Aves a nuestro alrededor
El hombre tiene aves a su alrededor, ya por utilidad, como en el caso de las aves de corral, ya por gusto, como ocurre con los pájaros de jaula. Ciertas aves salvajes viven cerca del hombre para hallar protección y sustento.

En compañía del hombre

El hombre ha sentido siempre atracción por los pájaros, animales de ágil y veloz vuelo y de hermoso canto. En mitos y leyendas aparecen desempeñando una importante función, desde el ave fénix de vida eterna hasta el quetzal de las leyendas mayas.
Entre los pájaros salvajes, especialmente los gorriones se han ido adaptando a una vida en la proximidad del hombre, con el fin de obtener comida y protección de los ataques de sus enemigos. En las ilustraciones de abajo vemos algunas de las especies que viven usualmente en parques y jardines. La cigüeña, que construye sus nidos en los tejados y campanarios, escasea cada vez más en los países europeos. Ello se debe en parte a la exterminación en Sudáfrica de saltamontes y otros insectos dañinos, de los que la cigüeña acostumbraba a mantenerse durante su permanencia invernal en estas regiones.
El canto de los pájaros a nosotros nos parece un himno de júbilo, sin embargo el significado para las otras aves es muy distinto. Durante el período de aparea-

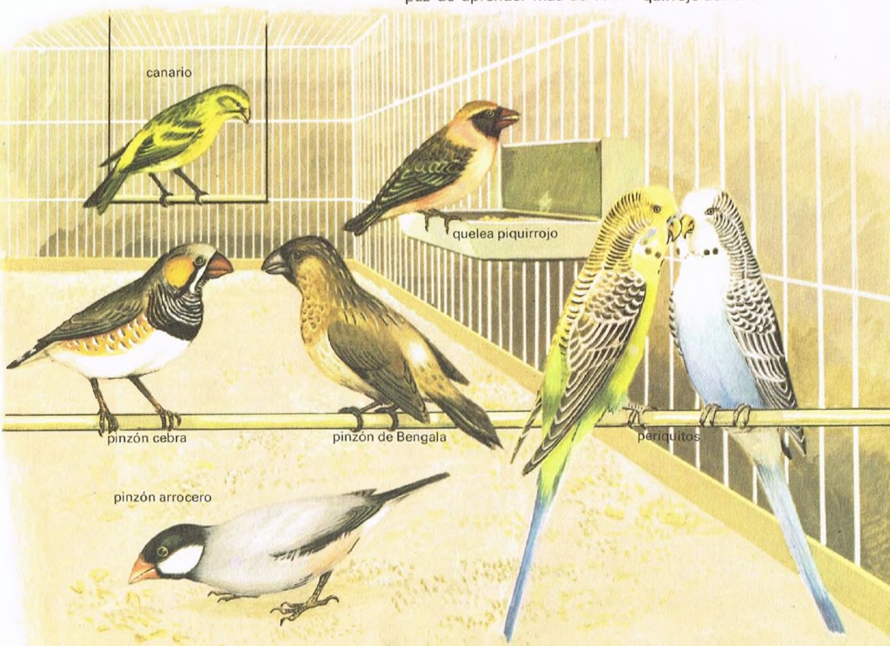


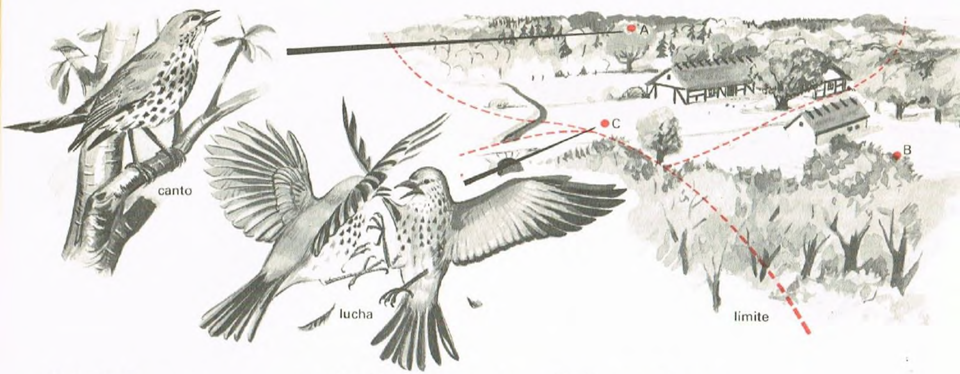
En el jardín
Instalando comederos se logra atraer, especialmente en invierno, diversas aves. En el verano, el baño o el bebedero constituyen el lugar de reunión para las aves de jardín. Una pajarera nos permite estudiar con toda atención, en primavera, el apareamiento de las aves, desde el canto de júbilo del macho hasta los primeros y vacilantes esfuerzos que realizan las crías para volar.

miento y crianza el macho escoge un territorio, y su canto advierte a los demás machos para que no se acerquen allí. El canto sirve también para atraer a las hembras.
Los pájaros se convierten en animales domésticos fáciles de cuidar y se adaptan bien a la vida de cautiverio. Su canto, su exótico aspecto o el color de su plumaje gustan al hombre. Mediante cruzamientos se consiguen variedades especiales con características determinadas, p. ej., el *canario,* introducido en Europa en el siglo XVI. Mediante cruzamientos entre ejemplares seleccionados y un adiestramiento especial, se han conseguido gran número de tipos especiales de hábiles canarios cantores, pese a que la especie original pudiera ser un pájaro de color apagado y de canto poco notable. Durante largo tiempo el canario fue el pájaro de jaula más difundido, pero recientemente compite con el periquito, pájaro vivaracho que aprende fácilmente a hablar. Otro pájaro de este tipo es la cotorra. La ilustración de abajo reproduce aves exóticas de los trópicos, que son habituales para los aficionados a los pájaros de adorno.

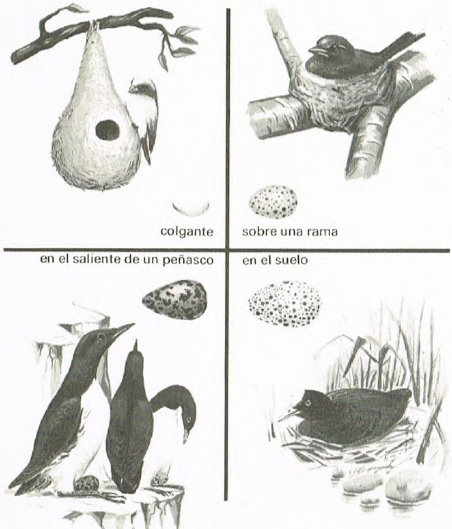


Aves de adorno
El loro, capaz de imitar la voz humana, desde hace mucho tiempo es la más popular de las aves de jaula. Ya en antiguos escritos griegos se menciona esta capacidad del papagayo africano.
El ave más popular del grupo de los loros, el periquito, es capaz de aprender más de 100 palabras. Los canarios son apreciados principalmente por su bello canto. Entre las aves de adorno tropicales, las que se alimentan de semillas son las más fáciles de cuidar. De ellas, las más comunes son el pinzón cebra de Australia, el pinzón arrocero de Java, el pinzón de Bengala y el quelea piquirrojo de Africa.





El territorio
Durante el período de cría el macho ocupa un territorio que defiende contra otros machos de su especie. La extensión del territorio varía desde varios kilómetros cuadrados, en el caso del búho real, hasta el área ocupada por el nido. El macho da a conocer su autoridad territorial con su canto (A) y ataca al macho de un territorio vecino (B) si éste osa cruzar los límites (C).



Tipos de huevos y de nidos
Los nidos de las aves presentan tanta variedad como la multitud de especies de su fauna. No existen dos especies que construyan el mismo tipo de nido. Los ploceidos tejen ingeniosos nidos a modo de cesto colgante. Los pájaros pequeños suelen construir nidos en forma de cazoleta, con diversos tipos de ramas, en los árboles o en el suelo. El pájaro bobo pone su único huevo en el saliente de un acantilado. Este huevo tiene forma de pera, lo cual evita que ruede hacia abajo incluso si se le empuja; en este último caso, sólo oscila sin llegar a caer del sitio. Los huevos de nidos descubiertos suelen tener formas y colores protectores, mientras que los huevos bien escondidos (ilustración superior de la izquierda) son de color blanco puro o ligeramente azulados.

Del huevo al ave

El período reproductor comienza con la elección –usualmente por el macho– de un territorio suficientemente grande para alimentar a sus crías.

La cópula suele ir precedida de movimientos de exhibición, como la danza del urogallo o los ademanes de los ánades para arreglarse el plumaje. Por entonces las aves empiezan a construir el *nido.* Normalmente el animal no pone los huevos hasta que el nido está terminado. El *número de huevos* varía según las especies. Las aves de vida larga no necesitan demasiados huevos para mantener la especie. El pájaro bobo, la grulla, el vencejo y las grandes aves rapaces ponen solamente de 1 a 3 huevos. Los pájaros pequeños, p. ej., los carboneros, ponen de 8 a 12 huevos y con frecuencia crían dos nidadas cada verano. Ciertas aves vuelven a poner huevos en caso de ser desprovistas de ellos, p. ej., las aves de corral.

El huevo, durante la *incubación,* recibe calor del cuerpo de sus progenitores. Estos tienen su piel ventral, que descansa directamente sobre los huevos, irrigada por numerosos vasos sanguíneos. Las garzas reales, los charranes, archibebes y otras especies incuban el huevo continuamente, turnándose macho y hembra. Entre los pájaros cantores suele ser la hembra la que realiza la incubación, y sólo abandona los huevos 5 o 10 minutos para buscar alimentos. Un modelo de paciencia es el macho del pájaro bobo emperador: la hembra pone un único huevo sobre las patas de éste, que lo protege con las plumas de su vientre y permanece en el mismo lugar, sin alimento, hasta que la cría rompe el huevo dos meses más tarde, momento en el que la hembra regresa para cuidar al recién nacido. El período de incubación de las aves europeas oscila entre 11 y 45 días. En las especies con huevos pequeños, este pe-

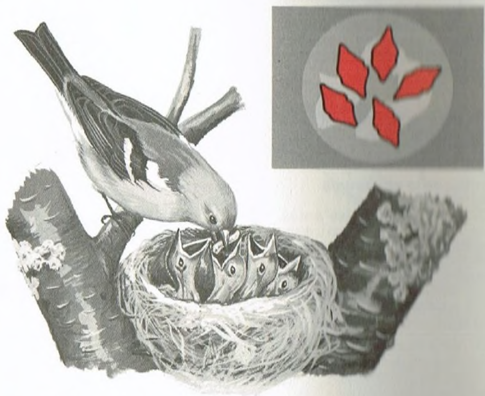


Del embrión al polluelo
El embrión del ave forma un disco diminuto en la yema del huevo. En el caso de las gallinas, el embrión consume toda la albúmina en 13 días de incubación, y luego vive de la yema, a la que está unido por un delgado cordón vitelino. Los diferentes órganos del cuerpo se distinguen claramente (arriba). Al cabo de 20 o 21 días, el polluelo sale al exterior: hace un agujero en la cáscara con el «diamante», protuberancia córnea de la parte superior del pico que se desprende poco tiempo después de la eclosión.

ríodo es breve y las crías están completamente desvalidas al salir del huevo. Precisan recibir calor y alimentos de los padres, los cuales cuidan de ellos intensamente. Este tipo de polluelos necesita mucho alimento: la cría del cuclillo aumenta de peso en tres semanas 50 veces. Entre las aves que nacen desarrolladas, el tamaño del huevo es mayor y el período de incubación más largo. Las crías son mayores al salir del huevo y obtienen ellas mismas el sustento al cabo de solamente unas horas. Por otro lado, su crecimiento no es tan rápido como el de los pájaros que permanecen en el nido. Los pájaros cantores tardan en valerse por sí mismos, mientras que las gallináceas y palmípedas son precoces. El cisne común aprende a volar a los 4 meses. En cambio, las crías de muchas especies de pájaros pequeños abandonan el nido al cabo de 12 o 15 días y en la primavera siguiente pueden ya establecer un territorio propio, emparejarse, construir nidos y procrear.



Especies nidícolas y especies nidífugas
La mayoría de las crías de pájaros al romper el huevo son ciegas, están desnudas y completamente desvalidas (nidícolas). Sus progenitores les alimentan y dan calor. Por el contrario, las crías de las gallináceas, palmípedas y zancudas son precoces (nidífugas). Al salir del huevo están cubiertas de plumón y sus ojos ya ven.
Los huevos de las aves nidífugas son mayores que los de las especies de larga permanencia en el nido.



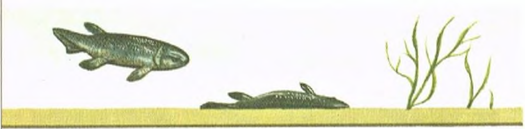


La cría del cuclillo
La hembra del cuclillo pone su huevo en el nido de un pájaro pequeño. El polluelo, al salir del huevo, va expulsando gradualmente los demás huevos del nido con el fin de acaparar el alimento.

Alimentación
Los pájaros de pequeño tamaño trabajan virtualmente las 24 horas del día para alimentar a sus crías. Se ha observado a papamoscas cerrojillos alimentar a sus polluelos desde las 2 de la madrugada hasta las 10 de la noche. Se observó que una pareja de estorninos alimentaba a sus seis crías 400 veces en un solo día. El color rojo del interior de los picos abiertos de los polluelos estimula continuamente a los progenitores a buscar comida.



Fósiles
La historia de la evolución de los peces se conoce por los fósiles que se han hallado incrustados en las rocas. El fósil que aparece en el grabado pertenece al período Devónico; por tanto, tiene unos 300 millones de años.



Un pez sólo se fosiliza si concurren circunstancias muy especiales: para que un pez, una vez muerto, no se descomponga tiene que quedar sepultado, con rapidez, bajo sedimentos.



Mientras se produce la acumulación de sedimentos, el pez «se petrifica»; su esqueleto se mineraliza. Transcurrido mucho tiempo, el fósil puede desplazarse a la superficie, a causa de los plegamientos de la corteza terrestre.



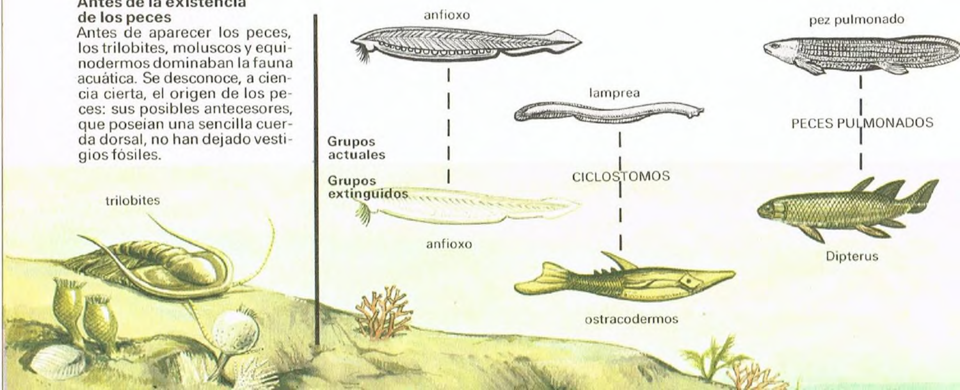
PECES

Los peces primitivos

En rigor, los peces fueron los primeros –y durante cientos de millones de años, los únicos– vertebrados existentes en la Tierra. Se han descubierto fósiles de peces, que se han datado con ayuda de métodos radiactivos, demostrándose que proceden de hace por lo menos 450 millones de años. Probablemente el origen de los peces es todavía mucho más remoto, ya que los más antiguos fósiles que se han encontrado –los ostracodermos– evidencian una constitución muy desarrollada. Estos peces carecían de mandíbulas, pero hacia el final del período Silúrico, hace más de 330 millones de años, empezaron a existir peces con mandíbulas y aletas pares. El período Devónico –que empezó hace unos 320 millones de años– se ha llamado «la era de los peces». Además de las formas primitivas de los principales tipos de peces existentes en la actualidad, había otras muchas clases, hoy desaparecidas. Los *crosopterigios* abundaban tanto en el agua dulce como en la salada. Se consideraba que estos peces habían desaparecido por completo desde hacía 80 millones de años, hasta que en el año 1938 se pescó en el mar, cerca de Sudáfrica, un crosopterigio vivo, el celacanto. Desde entonces, en el océano Indico se han encontrado unos 20 ejemplares. Estudiados detenidamente por los científicos, se han confirmado

Los peces y sus antepasados
En el grabado inferior pueden observarse los antepasados de los principales grupos de peces actuales: ciclóstomos, peces pulmonados, crosopterigios, peces cartilaginosos y peces óseos. El anfioxo posee una cuerda dorsal; se trata de una forma primitiva que existió antes de que aparecieran los auténticos peces.

Antes de la existencia de los peces
Antes de aparecer los peces, los trilobites, moluscos y equinodermos dominaban la fauna acuática. Se desconoce, a ciencia cierta, el origen de los peces: sus posibles antecesores, que poseían una sencilla cuerda dorsal, no han dejado vestigios fósiles.



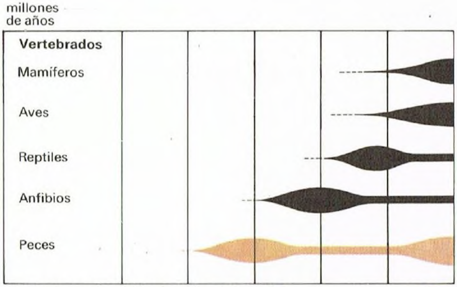




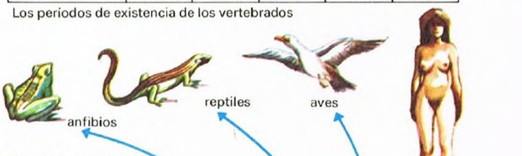


Fósil viviente
En el año 1938 se halló, en la costa africana, un ejemplar vivo de un crosopterigio del género *Latimeria,* que se consideraba extinguido desde hacía millones de años. Mide 1,5 m de longitud. Sus aletas pares corresponden a las patas de los cuadrúpedos. Posteriormente, entre Africa y Madagascar se han encontrado en el mar, a gran profundidad, varios ejemplares de este fósil viviente.

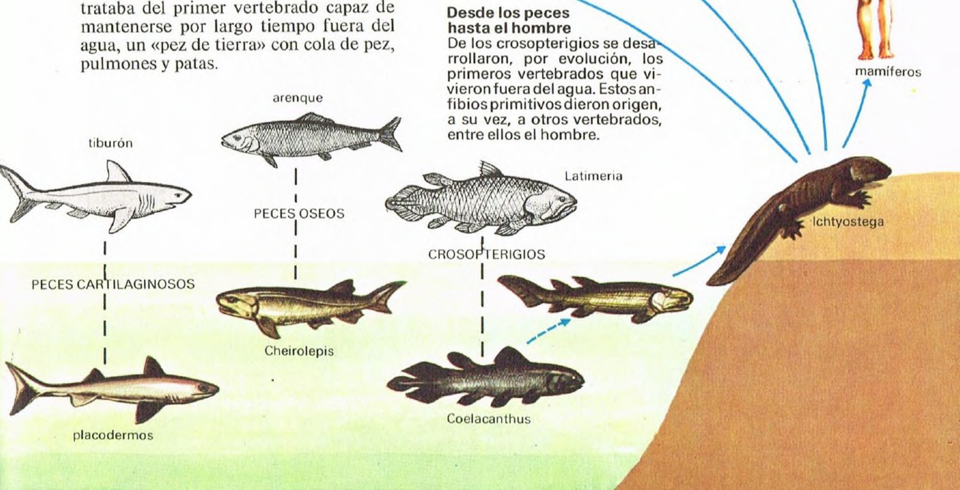
todos los datos obtenidos anteriormente a partir de los estudios realizados sobre ejemplares fósiles.
Los vertebrados terrestres descienden de un grupo de crosopterigios anfibios. Seguramente fueron los primeros animales cuya boca comunicaba con las fosas nasales; es probable que, como nosotros, pudiesen respirar por la nariz. Se supone que, además de branquias, poseían pulmones con los que captaban el oxígeno del aire.
Otro hallazgo que causó casi tanta sensación como el del celacanto fue un fósil del género *Ichtyostega,* encontrado en Groenlandia, en una arenisca roja del período Devónico. En la parte inferior de esta página se ilustra la evolución desde las aletas pectorales y ventrales del *Ichtyostega* hasta el sistema de extremidades de los vertebrados. Las cuatro patas del *Ichtyostega* ya tenían 5 dedos. Quizá se trataba del primer vertebrado capaz de mantenerse por largo tiempo fuera del agua, un «pez de tierra» con cola de pez, pulmones y patas.

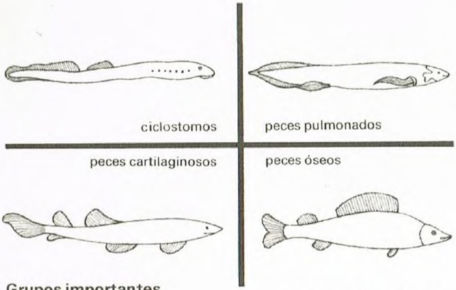


Los períodos de existencia de los vertebrados



Desde los peces hasta el hombre
De los crosopterigios se desarrollaron, por evolución, los primeros vertebrados que vivieron fuera del agua. Estos anfibios primitivos dieron origen, a su vez, a otros vertebrados, entre ellos el hombre.



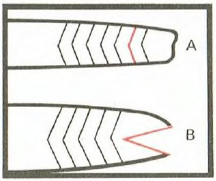


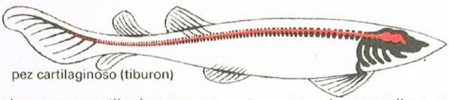
Grupos importantes de peces
En el grabado de la parte superior aparecen cuatro importantes grupos de peces. Son de tamaño diferente. Los ciclóstomos (lampreas), peces cartilaginosos (tiburones y rayas) y peces pulmonados sólo abarcan un número reducido de especies, en comparación con los peces óseos, que actualmente constituyen el grupo más extenso, con más de 30000 especies.





El esqueleto de los peces
El anfioxo, que no es un verdadero pez sino un cordado primitivo, tiene por esqueleto una simple cuerda dorsal situada bajo la médula. Los ciclóstomos poseen, además, un esqueleto branquial cartilaginoso. Estos peces carecen de verdaderas mandíbulas (A). En los peces óseos y cartilaginosos (B) el segundo arco branquial se ha transformado en mandíbulas.





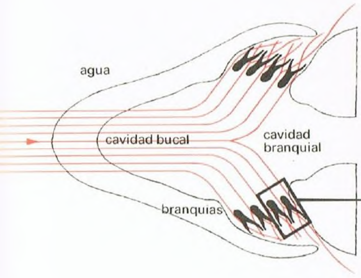
Los peces cartilaginosos —como los tiburones y las rayas— disponen de un esqueleto con vértebras, constituido por cartílago.

Los peces óseos reciben este nombre precisamente porque su esqueleto está formado por hueso. Su esqueleto posee muchos más elementos que el de los peces cartilaginosos. Muchos peces óseos poseen, por ejemplo, entre los segmentos musculares, espinas sueltas.



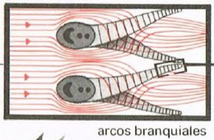
Anatomía de los peces

Los peces son vertebrados acuáticos de respiración branquial. Su cuerpo está adaptado para nadar. La forma del mismo varía según el tipo de vida. Los que son veloces nadadores poseen una forma hidrodinámica; los que se mantienen casi inmóviles, en el fondo del mar, suelen tener el cuerpo aplastado.
Las *aletas* tienen varias misiones. La aleta caudal es la que impulsa al pez, las aletas anal y dorsal hacen de timón, y las aletas pares pectorales y ventrales actúan como frenos y estabilizadores. Las extremidades de los vertebrados superiores proceden de dichas aletas pares. En este caso, la relación entre aletas y extremidades está clara, pero hay otros órganos que, tras su evolución, han cambiado por completo de función. Así ha sucedido con las mandíbulas de los vertebrados, derivadas del segundo arco branquial de las formas primitivas. En los vertebrados superiores las mandíbulas se articulan mediante huesos peculiares, pero todavía poseen restos de la primitiva articulación mandibular, reducida a uno de los huesecillos del oído medio.
La anatomía interior de los peces es muy parecida a la de los demás vertebrados. Sin embargo, los *riñones* de los peces son de tipo muy primitivo. Consisten en una serie de conductos excretores y vasos sanguíneos, situados a lo largo de la espina dorsal. En el *encéfalo* la porción más desarrollada es el cerebelo, en el que se coordinan los movimientos corporales, lo cual es muy importante en un animal veloz. Los *órganos sensoriales* son casi los mismos que los nuestros. Algunos peces gozan de muy buen oído (por ejemplo, las carpas), porque disponen de una cadena de huesos entre el oído interno y la vejiga natatoria, que funciona como caja de resonancia. Los peces poseen un órgano sensorial especial, *el sistema de la línea lateral*, que registra vibraciones en el agua que les rodea, causadas, p. ej., por los movimientos de otro animal. Este sistema consiste en un canal lleno de mucus y provisto de células sensoriales, que está situado bajo la piel, a lo largo de los lados del cuerpo. A pesar de que la *vejiga natatoria* parece un órgano peculiar de los peces, corresponde en realidad a nuestros pulmones. En los peces pulmonados la vejiga natatoria funciona precisamente como pulmón. En otros peces, dicha vejiga se encuentra llena de gases y sirve para aumentar o disminuir el volumen del animal y bajar o subir de nivel en el agua. Sin embargo, muchos peces, p. ej. la caballa y el tiburón, así como varios peces de fondo, carecen de ella.

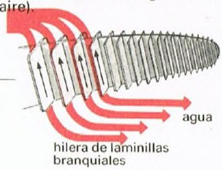


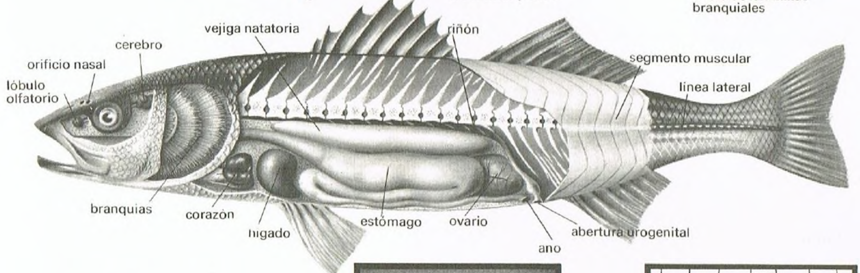
Las branquias

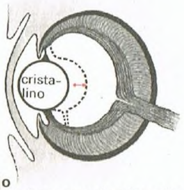
Las cavidades bucal y branquial bombean el agua hacia los 4 pares de branquias. Cada branquia consiste en un arco óseo que sostiene dos hileras de delgadas laminillas branquiales.



En éstas la sangre (flechas negras) circula en dirección contraria al agua. Así las branquias pueden absorber hasta el 80% del oxígeno del agua (nuestros pulmones sólo pueden absorber el 20% del oxígeno del aire).

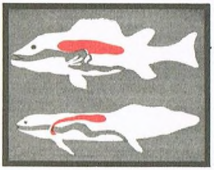






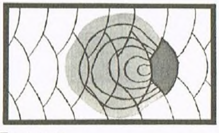
El ojo

El ojo del pez es redondo y miope, es decir, sólo ve bien a corta distancia. Para permitir el enfoque, el cristalino se puede mover hacia la retina, por medio de un músculo retractor (véase la flecha).



La vejiga natatoria

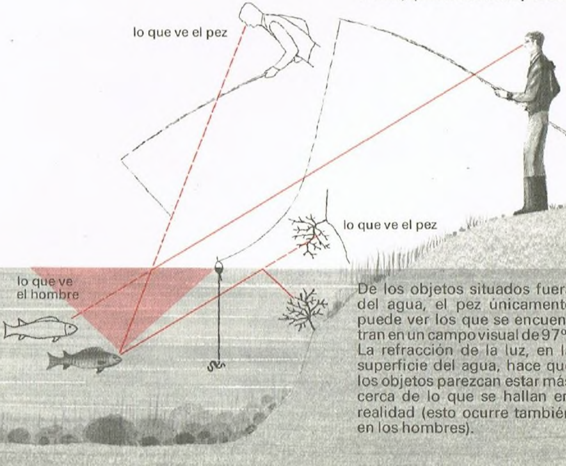
En los peces corrientes (A), al igual que en los peces pulmonados (B), la vejiga natatoria se encuentra en la parte anterior del intestino.



Escamas

Las escamas son de naturaleza ósea y están cubiertas por una fina epidermis. Se hallan imbricadas, de modo que sólo se ve una pequeña parte de cada una. El crecimiento del pez puede seguirse por medio de las estrías concéntricas (claras en el verano y oscuras en el invierno) que las escamas poseen.

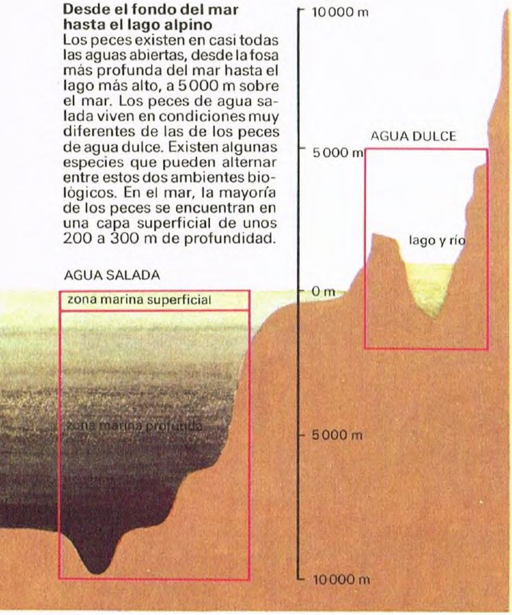




La vista del pez

Los ojos del hombre, al estar dirigidos hacia adelante, pueden apreciar las distancias dentro de casi todo el campo visual; los del pez sólo permiten hacerlo en un campo visual de unos 30°. Un pez tiene que mirar atentamente su presa, para saber si está a su alcance.

De los objetos situados fuera del agua, el pez únicamente puede ver los que se encuentran en un campo visual de 97°. La refracción de la luz, en la superficie del agua, hace que los objetos parezcan estar más cerca de lo que se hallan en realidad (esto ocurre también en los hombres).



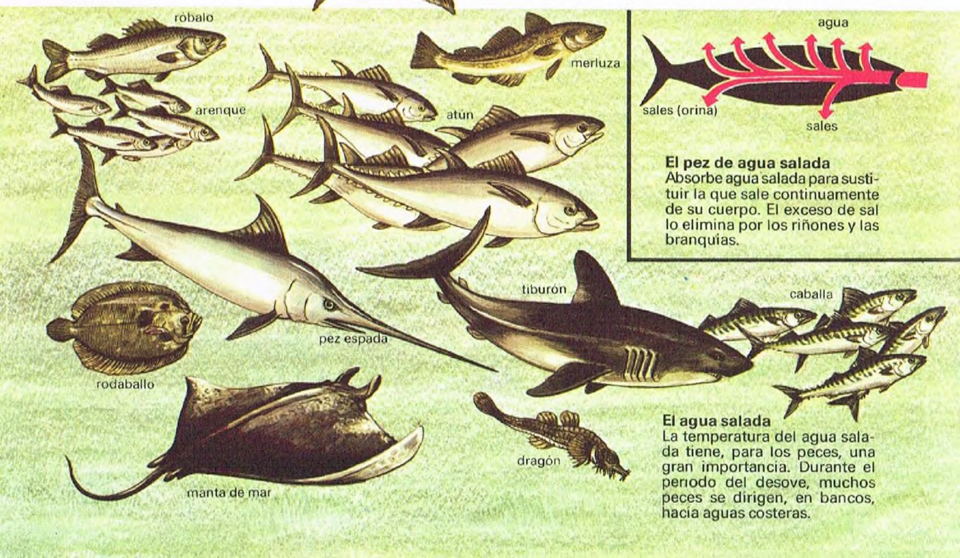
Desde el fondo del mar hasta el lago alpino
Los peces existen en casi todas las aguas abiertas, desde la fosa más profunda del mar hasta el lago más alto, a 5 000 m sobre el mar. Los peces de agua salada viven en condiciones muy diferentes de las de los peces de agua dulce. Existen algunas especies que pueden alternar entre estos dos ambientes biológicos. En el mar, la mayoría de los peces se encuentran en una capa superficial de unos 200 a 300 m de profundidad.

Peces de agua salada y de agua dulce

Más del 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua; los peces existen en casi todas partes donde hay agua (mares, lagos, ríos, etc.), desde las fosas oceánicas más profundas hasta los lagos situados incluso a alturas de 5 000 m sobre el mar. Dado que los peces no pueden regular su temperatura corporal, es notable que puedan existir bajo temperaturas tan dispares. Algunos viven en manantiales calientes; otros, por el contrario –muy pocos–, habitan en el fondo del mar, soportando una temperatura muy baja. La mayoría de las especies se encuentran desde la superficie del mar hasta unos 200 a 300 m de profundidad. Más hacia el fondo vive la fauna abisal, de características especiales. Muchos peces que normalmente viven a una cierta profundidad se desplazan a lugares menos profundos, cerca de las costas, solamente durante el período de reproducción. A menudo se trata de veloces nadadores, cuyo color se adapta al medio ambiente –lomo azulverde, y vientre plateado–, manteniéndose juntos en bancos. Los bancos de arenques son perseguidos por las caballas, las cuales, a su vez, son acosadas por los atunes. Los mares tropicales poseen su propia fauna de peces, a menudo de colores brillantes y de formas fantásticas. Particularmente en los arrecifes coralinos existe una gran variedad de especies. En

El pez volador puede volar casi cien metros, bajando varias veces a la superficie, para tomar un nuevo impulso con la cola, la cual vibra rapidamente.





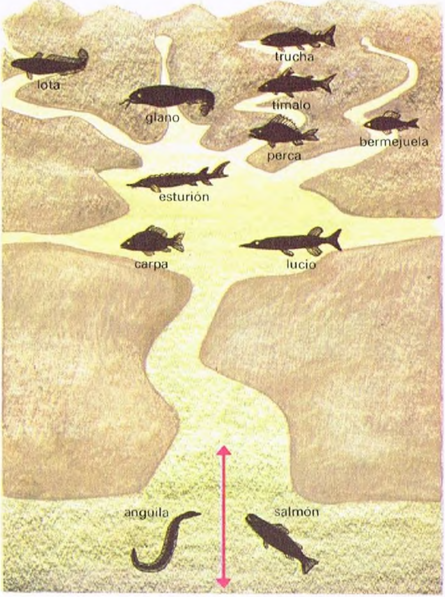
El pez de agua salada
Absorbe agua salada para sustituir la que sale continuamente de su cuerpo. El exceso de sal lo elimina por los riñones y las branquias.

El agua salada
La temperatura del agua salada tiene, para los peces, una gran importancia. Durante el periodo del desove, muchos peces se dirigen, en bancos, hacia aguas costeras.

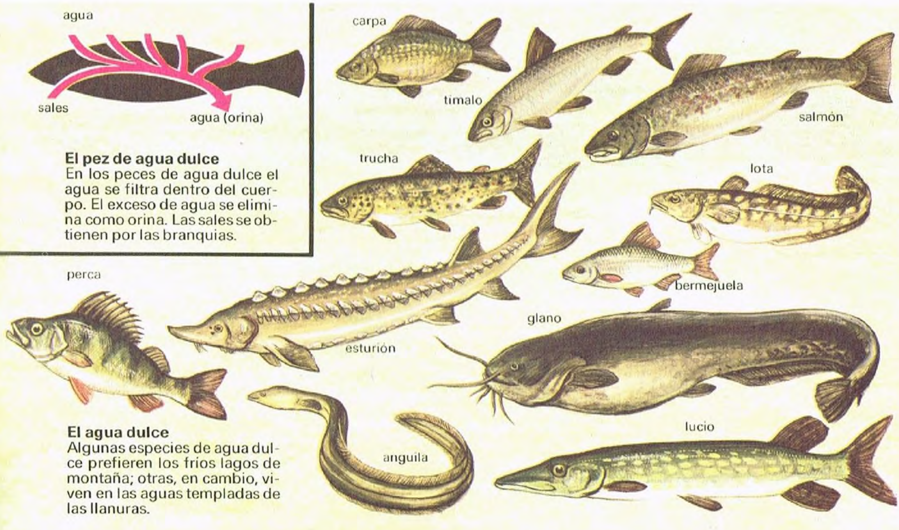
los mares templados, a pesar de que no se dan tantas especies, el número de peces de cada una de ellas es mayor, hecho de gran importancia económica para la pesca. En agua dulce no suelen existir grandes profundidades; aquí, los peces tienen, por regla general, las mismas características que los que viven cerca de las costas. El lago Baikal, en Siberia, el más profundo del mundo (1741 m), es uno de los pocos lagos que cuentan con auténtica fauna abisal.

El salmón y la anguila figuran entre los escasos peces que pueden alternar su estancia en agua salada y agua dulce. Al mudar de ambiente deben cambiar también la concentración salina de su cuerpo. En el mar, con su alta salinidad, continuamente sale agua del cuerpo de los peces, sobre todo por las branquias, que son muy delgadas. Un pez de mar tiene que retener su agua al máximo para evitar la deshidratación. El exceso de sal se elimina por los riñones y las branquias. En cuanto a los peces de agua dulce, sucede todo lo contrario. Como el agua dulce contiene menos sal que los líquidos corporales del pez, el agua penetra en él a través de la superficie de su cuerpo y de las branquias.

El exceso de agua es eliminado del cuerpo por medio de los riñones, que expulsan enormes cantidades de orina, muy diluida. El pez de agua dulce recibe la sal que necesita, a través de células especiales sitas en las branquias.

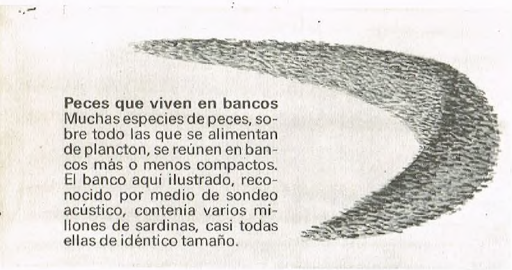


El río
Por lo general, en el río existe abundancia de alimentos para los peces, ya que el agua recibe continuamente nuevas cantidades de oxígeno y alimentos. Los salmones y las anguilas que, procedentes del mar, remontan los ríos, al mudar de ambiente tienen que cambiar completamente la regulación de agua y sales de su cuerpo.

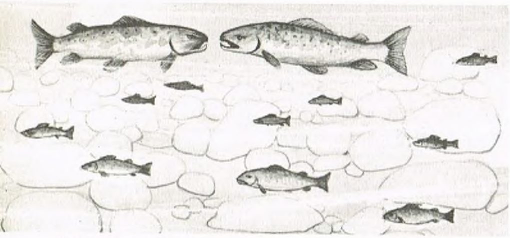


El pez de agua dulce
En los peces de agua dulce el agua se filtra dentro del cuerpo. El exceso de agua se elimina como orina. Las sales se obtienen por las branquias.

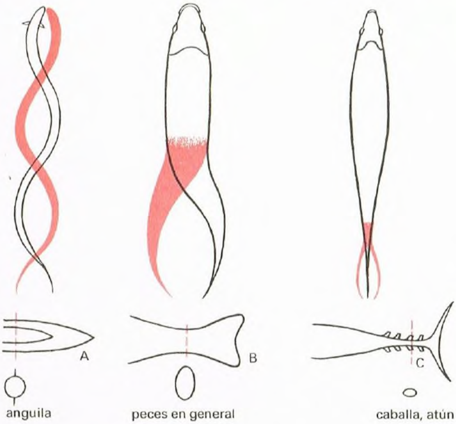
El agua dulce
Algunas especies de agua dulce prefieren los fríos lagos de montaña; otras, en cambio, viven en las aguas templadas de las llanuras.



Peces que viven en bancos
Muchas especies de peces, sobre todo las que se alimentan de plancton, se reúnen en bancos más o menos compactos. El banco aquí ilustrado, reconocido por medio de sondeo acústico, contenía varios millones de sardinas, casi todas ellas de idéntico tamaño.



Peces que poseen un territorio
Algunos peces se mantienen –sobre todo durante ciertas épocas– dentro de un sector definido que defienden contra todos los invasores. Esto ocurre frecuentemente durante el desove. También es corriente en ambientes con abundancia de alimentos, p. ej., en los ríos, donde el pez encuentra suficiente alimento dentro de su propio sector. En el grabado aparecen salmones en un río.



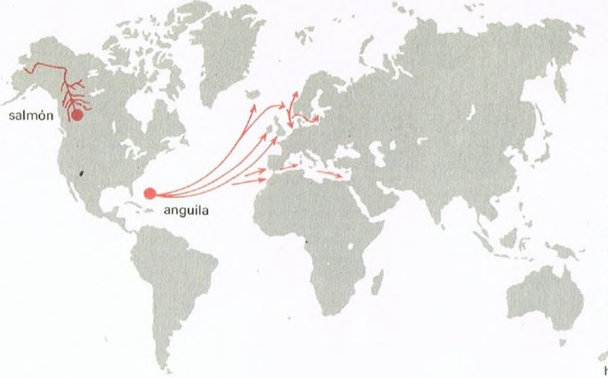
La natación de los peces
La anguila (A), de cuerpo alargado, se mueve con movimientos ondulantes, mientras que la mayoria de los peces mueven sobre todo la parte posterior del cuerpo. Los buenos nadadores, como la caballa y el atún (C), disponen de una aleta caudal que les confiere una fuerza de impulso mucho más intensa que la que posee cualquier otro pez (B).

Cómo viven los peces

El comportamiento de los peces depende, en parte, de su alimentación. Los que se alimentan de plancton, p. ej., los arenques, aparecen en grandes *bancos*, mientras que los carnívoros suelen nadar solos; a veces, incluso, se mantienen dentro de un determinado *territorio* que defienden contra todos los invasores. A menudo, dentro del territorio existe un área preferida. En los alevines de salmón la situación de esta morada se puede precisar exactamente dentro del territorio. Los bancos están siempre integrados por peces de la misma especie que se comportan exactamente igual. Todos se mueven, comen, descansan y crecen al mismo tiempo.

En la época del desove muchos peces emprenden viajes a aguas menos profundas. Las *migraciones* más importantes son las de los salmones y anguilas, ya que cambian incluso de ambiente: de agua salada a agua dulce, o viceversa. La época del desove varía en las distintas especies, pero generalmente los *salmones* remontan los ríos en primavera y, ocasionalmente, en otoño. A veces, en su camino se ven obligados a luchar contra tremendos obstáculos, incluso saltos de agua, hasta que encuentran los fondos de grava en los que la hembra puede desovar. Los peces que no sucumben a la fatiga, al llegar al mar, tras el desove, se encuentran agotados. Los salmones del Pacífico mueren después del desove. Durante mucho tiempo la reproducción de las *anguilas* ha constituido un misterio, todavía no resuelto por completo. El desove tiene lugar en el mar de los Sargazos, probablemente a gran profundidad. No sabemos con exactitud cómo se realiza. De los huevos nacen unas larvas transparentes que se llaman leptocéfalos. Estas emigran en bandadas hacia los ríos de Norteamérica y Europa; durante este viaje se transforman en jóvenes angulas. A veces los jóvenes machos permanecen en el mar, mientras que las hembras remontan los ríos. Cuando, de adultos, vuelven al mar –en la época del desove– cambian otra vez de aspecto; entre otras cosas, mudan de color, y sus ojos se hacen mayores, lo que les da el aspecto de peces abisales.

Se desconoce, a ciencia cierta, cómo se orientan, durante sus viajes, los peces migratorios; se cree, no obstante, que lo hacen por medio del sol. Cuando se desplazan a distancias cortas pueden guiarse con ayuda del olfato. El desove no es la única causa de las migraciones de los peces; otra muy importante es la busca de alimento. Los arenques o sardinas, por ejemplo, se mueven en grandes bancos hacia lugares donde encuentran plancton abundante.

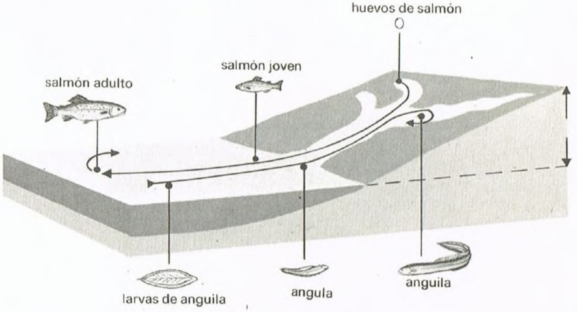


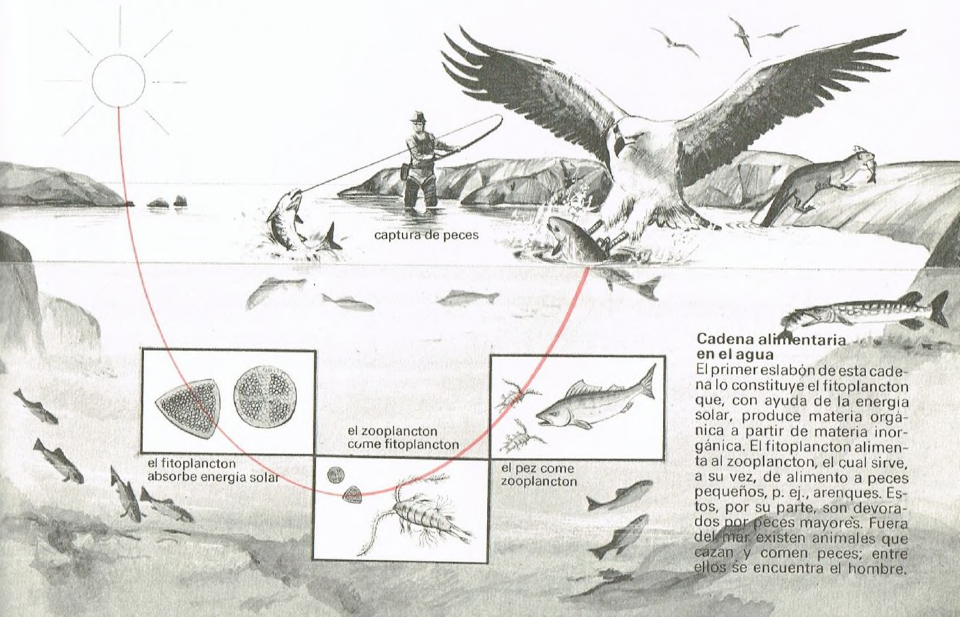
Las migraciones de las anguilas

Desde el mar de los Sargazos, donde tiene lugar el desove, las larvas de las anguilas son llevadas por las corrientes hacia las costas de Europa y Norteamérica, tardando en llegar a Europa 3 años. Durante el viaje, las transparentes larvas se transforman en angulas, de unos 70 milímetros de longitud, e igualmente transparentes. Al entrar en agua dulce su piel emite pigmento, y se tornan amarillentas. Después de estar de 4 a 10 años en agua dulce, vuelven a viajar, ya adultas y de color oscuro, hacia los lejanos fondos del mar de los Sargazos, donde desovan.

Los viajes de los salmones

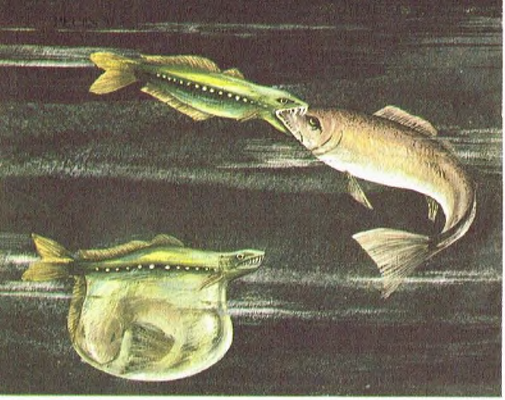
El desove del salmón tiene lugar en el agua dulce, donde los alevines viven un par de años, antes de emprender el viaje hacia el mar, donde acaban de crecer. Una vez adultos, retornan al mismo rio de donde partieron, ahora para desovar a su vez. En el rio Yukon (Alaska), los salmones remontan miles de kilómetros aguas arriba, para desovar. Las migraciones de las anguilas se desarrollan de modo inverso a las de los salmones: las anguilas viven y crecen en el agua dulce, y para desovar vuelven al mar.



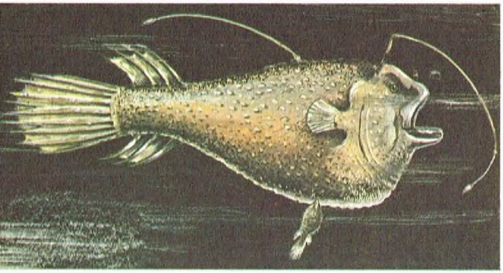


Cadena alimentaria en el agua

El primer eslabón de esta cadena lo constituye el fitoplancton que, con ayuda de la energía solar, produce materia orgánica a partir de materia inorgánica. El fitoplancton alimenta al zooplancton, el cual sirve, a su vez, de alimento a peces pequeños, p. ej., arenques. Estos, por su parte, son devorados por peces mayores. Fuera del mar existen animales que cazan y comen peces; entre ellos se encuentra el hombre.

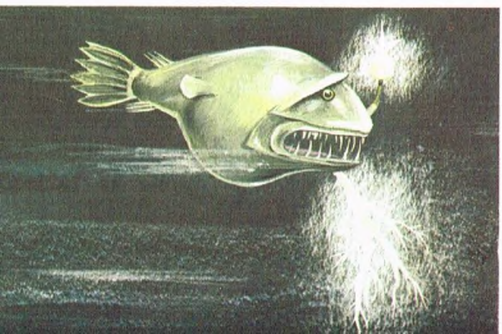


Dificultades para encontrar alimento
En las grandes profundidades marinas, a los peces abisales les resulta difícil encontrar alimento. El pequeño pez de la ilustración posee una musculatura muy elástica que le permite capturar presas de gran tamaño. Luego puede vivir semanas enteras sin alimento.



Método para encontrar la pareja
El macho de *Ceratias,* que es muy pequeño comparado con la hembra, se aferra al cuerpo de ésta hasta el punto de que sus mandíbulas quedan fusionadas con la piel de su compañera. De esta manera vive como parásito, pudiendo alimentarse de la hembra.

Muchos peces abisales poseen en su cuerpo órganos luminosos que les ayudan a encontrar peces de su misma especie, por ejemplo, para reproducirse. El pez de la ilustración *(Linophrine)* tiene en la cabeza una «linterna» y, debajo de la barbilla, varios hilos luminosos (abajo).



Peces abisales

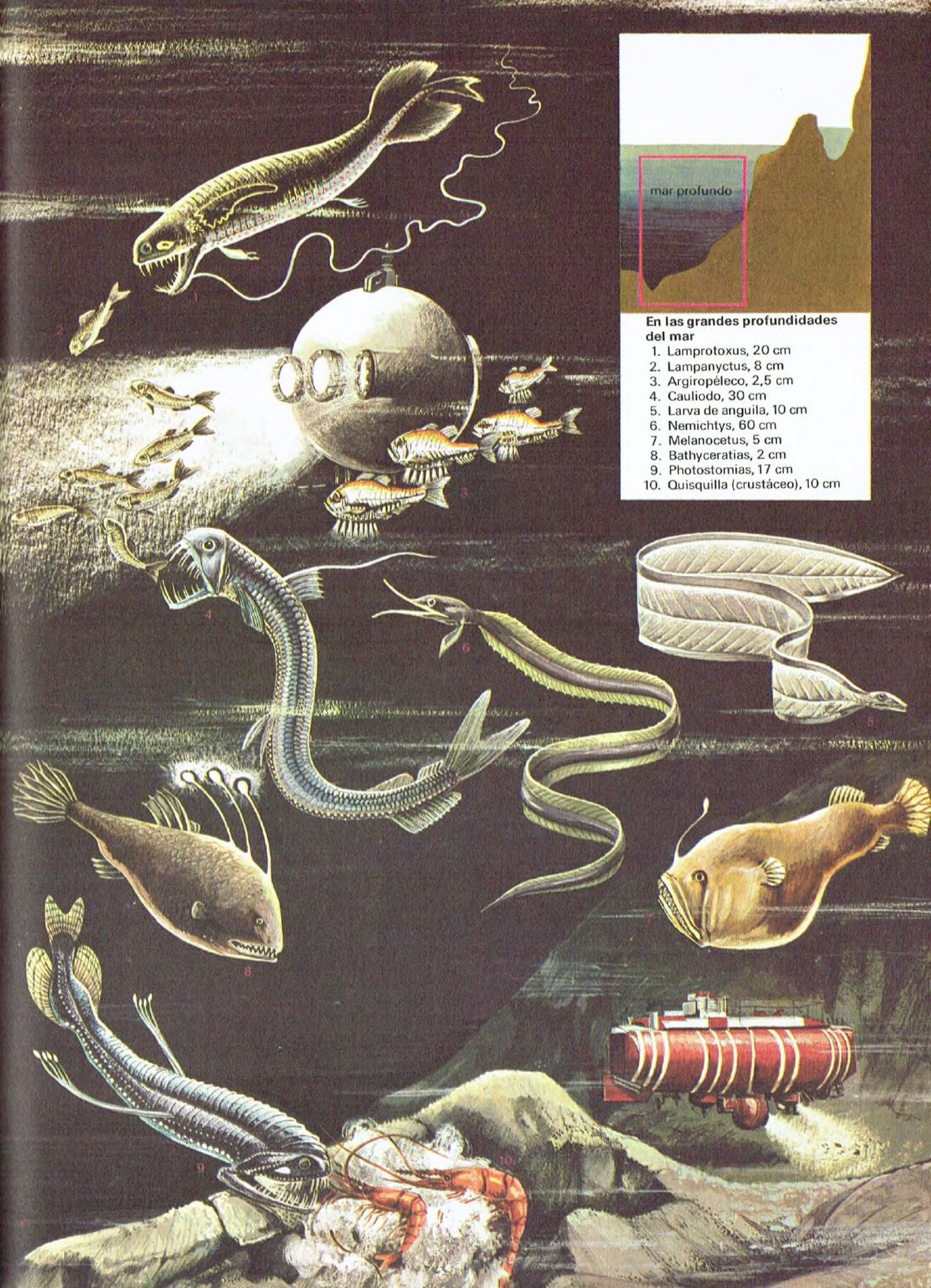
En la zona abisal del mar, dadas sus características especiales, existe una fauna completamente diferente de la que vive en otras partes del mar. Durante mucho tiempo se creyó que en las grandes profundidades marinas no existía vida. Cuando se tuvo que reparar el primer cable atlántico, al subirlo a la superficie se advirtió que estaba lleno de animales de diferentes especies, muchos de ellos desconocidos. Entonces se procedió, por diversos sistemas, a recoger fauna marina de profundidad. Posteriormente, se construyeron aparatos de inmersión (batisferas y batiscafos), con los cuales los científicos pueden bajar hasta el fondo del mar y estudiar de una manera directa sus habitantes.

La fuerte presión del agua y la falta de luz representan serios obstáculos para la supervivencia en los grandes abismos. A una profundidad de 300 a 1 000 metros todavía hay algo de luz, siendo ésta recogida por ciertos peces que disponen de enormes ojos telescópicos. Muchos peces abisales se hallan provistos de órganos luminosos; algunos tienen distribuidos en su organismo –unas veces a lo largo del cuerpo, y otras a manera de linternas en antenas situadas en la cabeza– fotóforos que emiten luz de varios colores. Estos órganos luminosos poseen una especie de cristalino, debajo del cual hay un líquido que, junto con el oxígeno de la sangre del pez, produce la luz.

El silencio del abismo se quiebra con los extraños sonidos que emiten sus habitantes; se han realizado grabaciones en cintas magnetofónicas en las que se han recogido numerosos sonidos: maullidos como de gatos, fuertes mugidos, chirridos, etc. Los animales abisales se sirven de señales luminosas y sonoras para encontrar a sus semejantes, en la gran oscuridad del fondo del mar.

La alimentación constituye un gran problema, ya que, por falta de luz, no existe vegetación alguna. En el fondo del mar se depositan continuamente restos de animales y vegetales muertos, en su mayoría plancton, pero los peces abisales son sobre todo carnívoros y se alimentan unos de otros. Su boca y dientes son muy grandes y su estómago es dilatable hasta el punto de que pueden tragar animales de un tamaño superior al suyo propio.

El aspecto de los peces abisales es, a menudo, feroz; en las fotografías parecen monstruos terribles, pero en realidad son de tamaño muy reducido, rara vez mayores de diez centímetros.



En las grandes profundidades del mar

1. Lamprotoxus, 20 cm
2. Lampanyctus, 8 cm
3. Argiropéleco, 2,5 cm
4. Cauliodo, 30 cm
5. Larva de anguila, 10 cm
6. Nemichtys, 60 cm
7. Melanocetus, 5 cm
8. Bathyceratias, 2 cm
9. Photostomias, 17 cm
10. Quisquilla (crustáceo), 10 cm

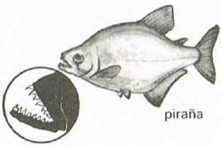


pez espada

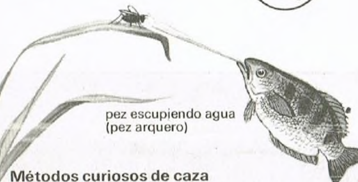
El pez espada puede pesar hasta 400 kilos. A veces utiliza la espada para ensartar a otros peces; puede incluso llegar a atravesar las planchas de madera de pequeñas embarcaciones.



La piraña sólo mide de unos 20 a 30 cm, pero con sus terribles dientes afilados, que operan como tijeras, destroza la carne de sus victimas, que son, a veces, grandes mamiferos.



piraña



pez escupiendo agua (pez arquero)

Métodos curiosos de caza

Algunos peces capturan de modo especial su alimento. El pez arquero caza insectos que vuelan fuera del agua, escupiéndoles un chorro de ésta. Muchos pejesapos «pescan» pequeños peces, con una especie de «caña» situada sobre su cabeza y provista, en su extremo, de un apéndice. El perioftalmo realiza pequeñas excursiones a tierra firme, para cazar insectos.



pez que caza en tierra (perioftalmo)



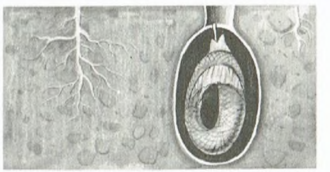
pez pescando (pejesapo)

Peces con formas extrañas

Entre las 30000 especies de peces conocidas existen multitud de formas y tamaños diferentes –desde el tiburón ballena, de unas diez toneladas, hasta el *Pandaka pygmaea*, del tamaño de la uña del pulgar–. Muchas especies han adquirido rasgos singulares, por adaptación al medio ambiente. Unas veces se trata de órganos y métodos peculiares para cazar a otros peces o depararse alimento; otras, de órganos especiales para soportar los cambios ambientales; otras veces, en fin, se trata de adoptar un aspecto temible, para asustar a los enemigos.

El aspecto de los grandes peces cartilaginosos –tiburones y rayas– es realmente temible, si bien puede afirmarse que su fama es algo exagerada; se ha demostrado, p. ej., que los tiburones sólo en condiciones especiales atacan a los hombres. Algunos de los mayores tiburones, como el marrajo gigante, se alimentan sencillamente de plancton.

El pez martillo es codiciado por su hígado, muy rico en aceite, y por su piel, de la cual se curte un cuero muy resis-



pez pulmonado



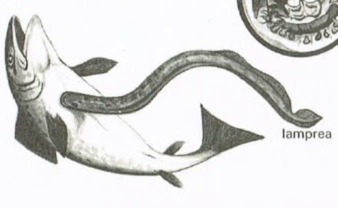
Peces pulmonados y ciclóstomos

En los peces pulmonados –que carecen de branquias– la vejiga natatoria está transformada en pulmón. Antes de la sequia se introducen en el fango y se envuelven en un «capullo» en el que practican una pequeña abertura para respirar.

Los ciclóstomos, o lampreas, se adhieren con su boca chupadora al cuerpo de su víctima.

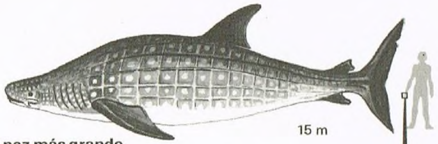
boca chupadora

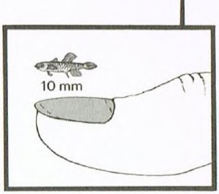




lamprea

tente. Las mantas de mar pueden alcanzar una envergadura de 6 metros; son muy pacíficas y flotan en la superficie, en grandes grupos, alimentándose de plancton.
Mucho más peligrosa que los peces cartilaginosos es la pequeña y feroz piraña, que vive en el Amazonas. Posee unos dientes muy afilados y unas mandíbulas tan fuertes que con ellas es capaz, en unos minutos, de cortar y trinchar grandes mamíferos. La piraña pertenece al grupo de los caracínidos.
Algunos peces pueden vivir durante algún tiempo fuera del agua. El periophtalmo sale a menudo a tierra firme, para cazar insectos; se mueve con ayuda de sus fuertes aletas pectorales. Sus estrechas aberturas branquiales retienen en las branquias el agua.
En los peces pulmonados la vejiga natatoria está transformada en pulmón, lo cual les permite, p. ej., vivir durante largos períodos en el fango de un río seco. Tanto los peces pulmonados como las lampreas son grupos muy antiguos y especiales. Las lampreas –o ciclóstomos– son tan singulares que no se clasifican entre los peces.



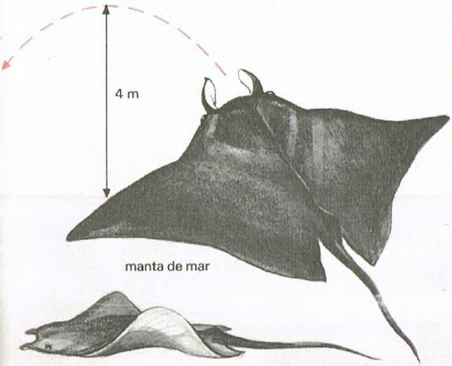


El pez más grande y el más pequeño
El tiburón ballena es el mayor de todos los peces; puede alcanzar una longitud de 15 metros. Es un animal tranquilo e inofensivo que se alimenta, como las ballenas, de plancton. El pez más pequeño que se conoce es el diminuto *Pandaka pygmaea*. Vive en Filipinas. Cuando alcanza su madurez sólo mide 10 mm.

Peces cartilaginosos: tiburones y rayas
Los tiburones y las rayas pertenecen a la misma clase. Los tiburones, de cuerpo fusiforme y musculoso, figuran entre los peces más veloces del mar. Sus escamas, pequeñas y muy agudas, tienen la misma estructura que los dientes. Estos se disponen en varias hileras; cuando se ha desgastado la hilera exterior, es reemplazada por otra más interna. Los tiburones son muy temidos, pero casos como la mordedura que se ilustra en la parte inferior –según un grabado del s. XVI– son muy raros.

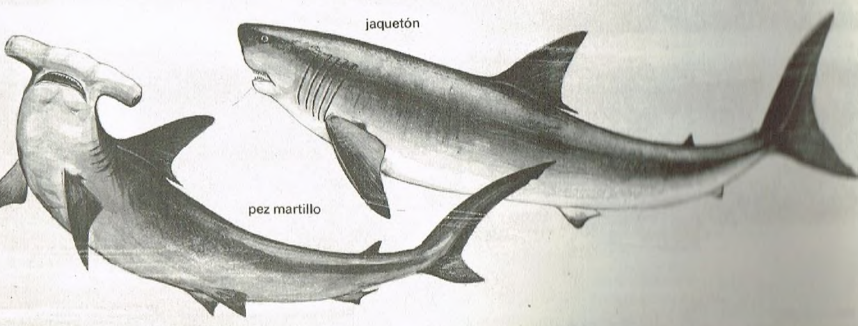


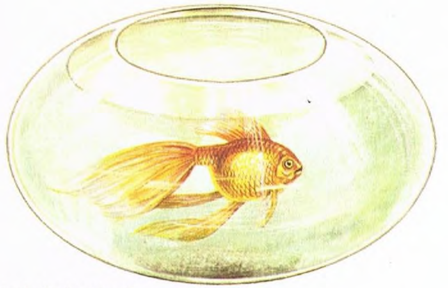




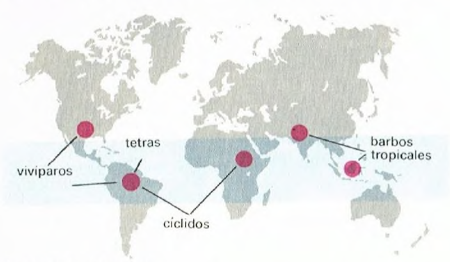
La manta de mar recibe su nombre a causa de sus dos aletas pectorales expansionadas. Puede dar saltos de 4 a 5 m sobre la superficie del agua. La hembra pare su cría durante uno de estos saltos. Las rayas nadan moviendo suavemente las aletas pectorales.

Cuando se habla de los tiburones se exagera mucho su peligrosidad, pero algunos de ellos, por ejemplo el jaquetón, atacan en ocasiones al hombre. El pez martillo recibe este nombre, por la forma de su cabeza; ésta posee unas protuberancias en cuyos extremos se hallan los ojos.

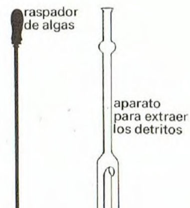




La bola de cristal y el ciprino dorado
El ciprino dorado pertenece al grupo de las carpas. Los antiguos chinos lo criaban, logrando obtener, mediante cruces, varios tipos de aspecto muy hermoso. Durante mucho tiempo los acuarios consistieron solamente en una bola de cristal, con uno o varios peces. En el mapa que aparece en la parte inferior podemos observar que la mayoría de los peces de los acuarios proceden de zonas tropicales.



El acuario moderno
El acuario moderno parece un jardín acuático con plantas, piedras y fondo de arena. Las plantas producen oxígeno y absorben el anhídrido carbónico que emiten los peces. Pero el acuario necesita mucho cuidado, para que se mantenga el equilibrio biológico. Hay que filtrar el agua y, con un aparato especial, añadir oxígeno. La luz artificial puede reemplazar la luz natural y, además, proporcionar calor. Mediante un aparato especial se extraen los detritos, y con un raspador se limpian de algas las paredes.





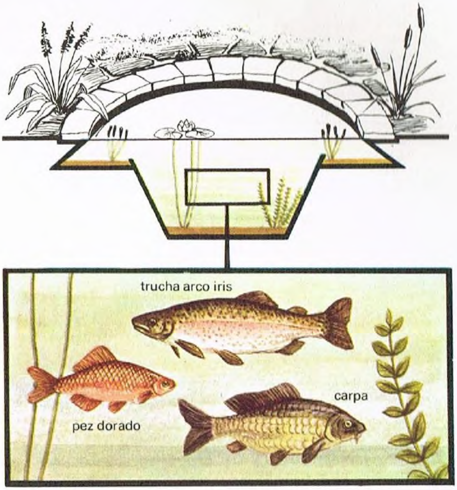
El acuario y el estanque

Es una antigua costumbre poseer en casa peces, en calidad de objetos de adorno. Los chinos guardaban las carpas de color dorado que podían capturar y, mediante cruces y selecciones, lograron obtener el ciprino dorado. Este fue introducido en Europa, en el s. XVII. La bola de vidrio conteniendo en su interior el ciprino dorado fue, durante el siglo XIX, un objeto de adorno corriente; a nadie se le ocurrió pensar que el pobre pez vivía completamente privado de su ambiente biológico natural. Los japoneses sentían especial predilección por una variedad de este pez dotada de grandes aletas transparentes y ondulantes. Estos peces ofrecían un cuadro precioso de color y movimiento, ampliados por la convexidad de la bola de cristal.
El mantenimiento de un acuario moderno es complicado y requiere muchos cuidados. Hoy en día, para componer un acuario decorativo, existen numerosas clases de peces y plantas acuáticas, que están a la venta en comercios especializados. A menudo la vistosidad del pequeño mundo acuático contenido en el acuario induce a su dueño a estudiarlo seriamente.

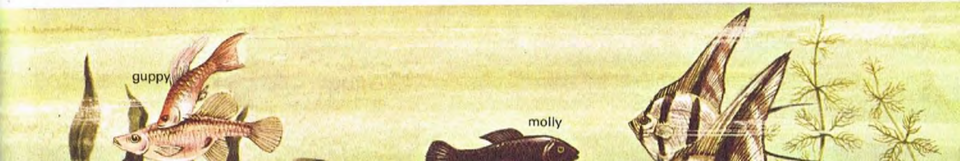


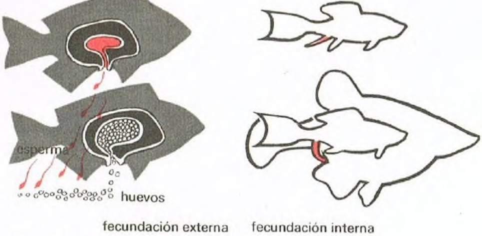
Es preciso vigilar atentamente para que en él no se destruya en ningún momento el equilibrio biológico. Muchas veces hay demasiados peces y plantas en un espacio muy pequeño, cosa que no sucede en la naturaleza. Si los peces se reproducen en el acuario, este hecho es la mejor prueba de que se encuentran bien en él y de que el ambiente es adecuado para ellos. El estanque no permite estudiar tan de cerca como el acuario la vida y las costumbres de los peces. En cambio, si está bien diseñado, en medio de un jardín, ofrece a éstos un ambiente biológico mucho más propicio que el que depara el acuario, más limitado. Por otra parte, además de ser bello, puede ser útil económicamente y producir peces de valor alimenticio. Hace ya más de 4000 años que existen estanques destinados a la cría de peces con este fin; incluso hoy en día, en sus formas modernas, tienen gran importancia en muchos países. En China se lleva a cabo un programa avanzado de piscicultura, y en Israel se investiga intensamente, a fin de aumentar en los viveros, entre otras especies, la producción de carpas.

Tanto el estanque como el acuario nos ofrecen la posibilidad de observar la colaboración entre plantas y animales y de conocer así los mecanismos que regulan el equilibrio biológico.



El estanque
El estanque, con sus peces y plantas acuáticas, constituye un gracioso detalle en el jardín. En los estanques suelen abundar los peces dorados, o bien las truchas y las carpas. Hoy en día los estanques son más asequibles, ya que los nuevos materiales –por ejemplo, plástico– han contribuido a abaratar en gran medida los costos de su construcción.





La reproducción de los peces

En la naturaleza debe existir un equilibrio biológico. Para que éste se mantenga, es preciso, por un lado, que se halle asegurada la continuidad de las especies, y, por otro, que éstas no proliferen en exceso.

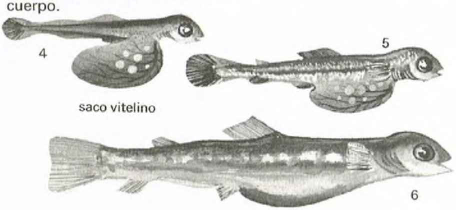
La mayoría de los peces tienen fecundación externa. Algunos depositan sus huevos sin protección alguna, en cuyo caso ponen una gran cantidad de ellos, ya que muchos servirán de comida a otros peces o se perderán antes de llegar a la madurez. La merluza hembra pone varios millones de huevos. El macho deposita sobre ellos su esperma y se despreocupa totalmente de su prole. Un alevín recién nacido flota, con sus millones de hermanos, en las corrientes del mar, por lo que es muy probable que sea devorado por otro pez. Para el mantenimiento del equilibrio biológico se precisa que, en cada freza, sólo unos pocos individuos sobrevivan y lleguen a reproducirse; de otro modo, los mares se poblarían de merluzas.

Si los huevos gozan de cierta protección, por escasa que sea, sus posibilidades de sobrevivir aumentan considerablemente. La hembra del salmón, que deposita sus huevos en la grava, en el fondo del río, necesita poner una cantidad mucho menor que la merluza. Un sistema más eficaz de protección consiste en que los padres se cuiden, de algún modo, de sus

Desde los huevos hasta las larvas

La mayoría de los peces tienen fecundación externa. Sin embargo, algunas especies tienen fecundación interna, en cuyo caso el macho introduce su esperma en el cuerpo de la hembra, mediante el gonopodio, órgano derivado de los radios anteriores de la aleta anal. En la última fase del desarrollo los ojos están muy pronunciados. El alevín recién nacido se nutre del alimento que le proporciona el saco vitelino, el cual, más tarde, queda absorbido por el cuerpo.





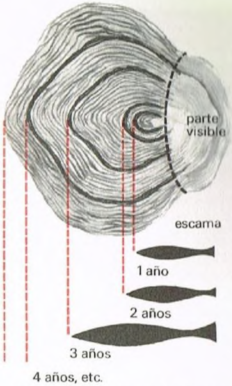


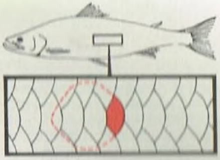
El cuidado de la prole

Los peces aseguran de muy distintos modos la continuidad de su especie. Las merluzas, por ejemplo, ponen gran cantidad de huevos, que, tras ser fecundados, flotan, llevados por las corrientes, lejos de los padres. Si los huevos reciben una cierta proteccion, su número puede ser menor. Algunos peces sujetan los huevos a las piedras o a las plantas; otros practican en el fondo un agujero y los depositan en el. Otros, en fin, construyen para su prole nidos que protegen celosamente de los enemigos.

hijos. El macho del pez del paraíso hace un «nido» con la secreción espumosa de la boca y esconde en él sus huevos. El macho de la espinocha construye con plantas un auténtico nido al que conduce ceremoniosamente a una o varias hembras, para que desoven en él. Luego permanece en guardia, al lado del nido, y mueve sus aletas, a fin de provocar una corriente de agua que aporte a sus huevos y alevines el oxígeno necesario. Merced a estos cuidados, la espinocha hembra, para asegurar la continuidad de su especie, sólo necesita poner unos centenares de huevos. La hembra del caballito de mar pone unos pocos pero voluminosos huevos en una bolsa incubadora situada en el vientre del macho, donde se desarrollan y están bien protegidos. Al nacer, los caballitos de mar salen con cierta dificultad a través de una pequeña abertura de la bolsa.

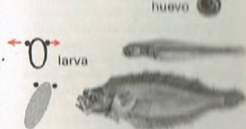
Hay muy pocas especies que tengan fecundación interna. Los huevos se incuban entonces dentro del cuerpo de la hembra, y las crías nacen vivas. Los peces vivíparos más conocidos son, quizá, los guppys, los xifóforos y otros muy frecuentes en los acuarios, así como algunos tiburones y rayas. Las crías de ciertos tiburones reciben su alimento de la sangre de la madre, de modo similar a como sucede en los mamíferos, es decir, mediante una especie de placenta rudimentaria.



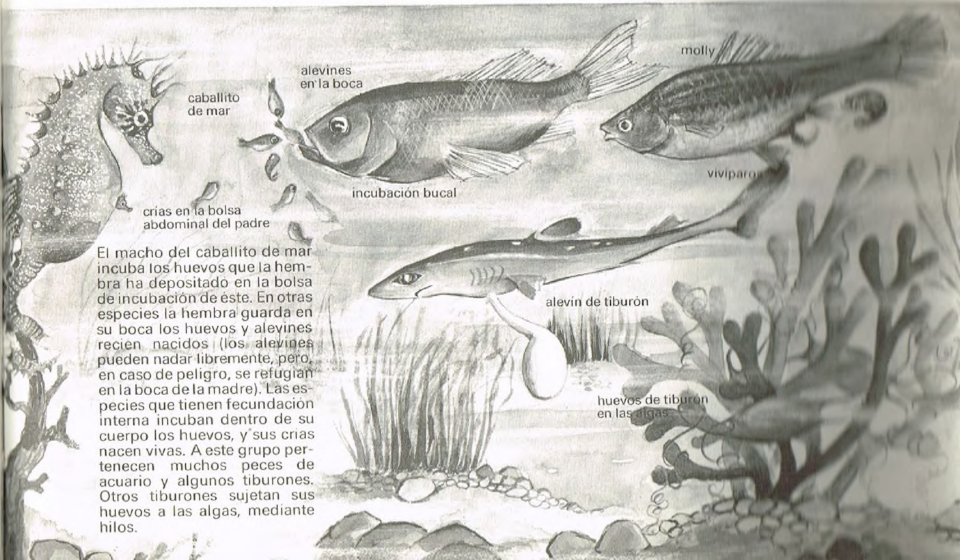


El desarrollo del pez
Se puede considerar que los alevines son adultos en cuanto les salen escamas, si bien continuan creciendo a lo largo de toda su vida. Por los anillos anuales que aparecen en las escamas no solo puede saberse su edad, sino tambien su ritmo de crecimiento.

De pequeños, los peces planos mantienen su cuerpo en posicion normal. Tras unos dias, uno de sus ojos se desplaza hacia el lado opuesto de la cabeza; pronto ambos ojos se hallan en un mismo lado. Desde entonces la larva nada manteniendo hacia arriba el lado en que se hallan los ojos. Cuando mide unos 12 cm, desciende al fondo y reposa sobre el lado ciego.







El macho del caballito de mar incuba los huevos que la hembra ha depositado en la bolsa de incubación de éste. En otras especies la hembra guarda en su boca los huevos y alevines recien nacidos (los alevines pueden nadar libremente, pero, en caso de peligro, se refugian en la boca de la madre). Las especies que tienen fecundación interna incuban dentro de su cuerpo los huevos, y sus crias nacen vivas. A este grupo pertenecen muchos peces de acuario y algunos tiburones. Otros tiburones sujetan sus huevos a las algas, mediante hilos.

PERROS

Nuestro animal doméstico más antiguo

El perro es el animal doméstico más antiguo. Desde hace miles de años es el siervo más sumiso y a la vez el alegre amigo y compañero fiel del hombre.
Hallazgos realizados en el sur de Asia, demuestran que la existencia de perros domesticados se remonta aprox. a 15 000 años de antigüedad. En un principio, los perros salvajes se acercaban a las aldeas de los hombres para obtener comida. El hombre los capturaba a veces para servirse de ellos como alimento. Posiblemente el hombre, al observar el comportamiento y cualidades de los perros capturados, descubrió que este animal era dócil, inteligente y resistente, por lo cual empezó a utilizarlo en la defensa del ganado contra animales salvajes y personas extrañas.
A finales de la Edad de Piedra, parece que el hombre había descubierto ya que el perro podía realizar otros trabajos además del de vigilar el ganado. El perro acompañaba al hombre en las expediciones de caza, con el fin de rastrear la pieza, capturarla y transportarla hasta el cazador, quien premiaba los servicios del can dándole un pedazo de la pieza cobrada. Los perros pastores ayudaban a reunir y vigilar el ganado.
Desde el punto de vista biológico, el perro es un *carnívoro* perfectamente dotado. Posee el *olfato* más desarrollado entre todos los carnívoros. Un buen perro rastreador es capaz de seguir un rastro de varios días, dejado por una pieza de caza. Tiene, además, un excelente *sentido del oído* que le permite percibir tonos tan agudos y sonidos tan débiles que el hombre no alcanza a captarlos. El perro, generalmente, posee unas patas grandes, es esbelto y fuerte. Ciertas razas de perros



El camarada fiel
El perro, desde muy antiguo, ocupa un puesto primordial entre los animales domésticos. Es nuestro servidor y también nuestro amigo y camarada. En la fotografía, un muchacho con dos cocker spaniel, sus inseparables compañeros.

Perros grandes y pequeños
En la actualidad existen más de 400 razas que presentan grandes diferencias de forma, colorido y tamaño. El perro lobo irlandés, de pelaje áspero, tiene una altura hasta la cruz de aproximadamente 80 cm; el chihuahua mexicano de pelo corto mide 20 cm.



perro lobo irlandés — chihuahua

hocico contra hocico



olfateo



Comportamiento del perro
Cuando dos perros se encuentran, intentan averiguar cuál de los dos es el más fuerte. Se acercan, con el pelo enhiesto y el rabo rígido, y se olfatean con el fin de saber el sexo y temperamento. Al echarse al suelo y descubrir su garganta, el perro se somete. Su costumbre de orinar un poco en los árboles se cree que responde al deseo de delimitar su dominio.

sumisión

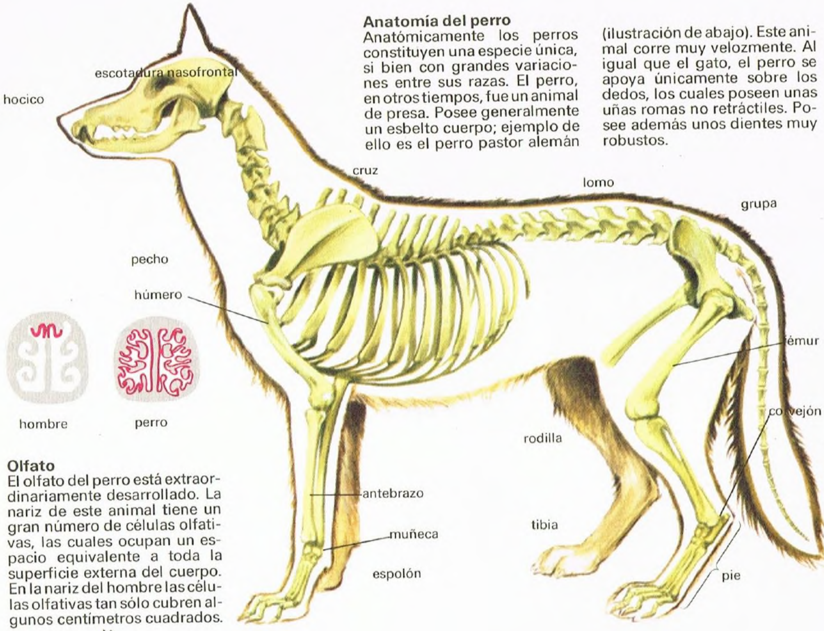


«tarjeta de visita»



Anatomía del perro

Anatómicamente los perros constituyen una especie única, si bien con grandes variaciones entre sus razas. El perro, en otros tiempos, fue un animal de presa. Posee generalmente un esbelto cuerpo; ejemplo de ello es el perro pastor alemán (ilustración de abajo). Este animal corre muy velozmente. Al igual que el gato, el perro se apoya únicamente sobre los dedos, los cuales poseen unas uñas romas no retráctiles. Posee además unos dientes muy robustos.



Olfato

El olfato del perro está extraordinariamente desarrollado. La nariz de este animal tiene un gran número de células olfativas, las cuales ocupan un espacio equivalente a toda la superficie externa del cuerpo. En la nariz del hombre las células olfativas tan sólo cubren algunos centímetros cuadrados.





Sudor

El perro tan sólo segrega sudor en las yemas de los dedos y en el extremo de la lengua, y nunca en el resto del cuerpo. Esta es la razón por la cual el perro, cuando tiene calor, respira con la lengua fuera (jadea). Este modo de sudar se observa también en otros animales salvajes de la familia de los cánidos.

son muy veloces y resistentes en la carrera, y son capaces de arrastrar pesadas cargas. Otros poseen una constitución anatómica que no les permite realizar grandes esfuerzos. Según su morfología, se les clasifica en perros bien proporcionados (grandes y pequeños), p. ej., el gran danés y el pinscher enano, y perros *desproporcionados* (asimismo grandes o pequeños, p. ej., el perro San Bernardo, muy desarrollado, y el pug de patas zambas y cortas, y hocico achatado.

La hembra del perro entra en celo, generalmente, durante un período de tres semanas dos veces al año. El tiempo de gestación es de 63 días. En las razas pequeñas se obtienen camadas de dos a cinco cachorros; en las razas grandes, de 5 a 10. Los cachorros están ciegos durante los primeros 10 o 12 días. La madre amamanta a sus cachorros durante cuatro semanas; una cría ha de tener de 7 a 8 semanas antes de poder separarse de la madre.





Vista

El sentido de la vista en el perro se diferencia del que posee el hombre, entre otras cosas, en que no distingue los colores: los percibe como diferentes tonos grises. El perro lazarillo percibe la luz roja de un semáforo como un disco negro.



El perro en el arte y en la literatura

El perro es un tema que ha inspirado, en todos los tiempos, a artistas y escritores. En *arte*, el perro aparece representado en escenas de caza, en obras de las civilizaciones más antiguas, p. ej., en relieves asirios, en pinturas murales egipcias y en grabados rupestres que datan de la Edad de Bronce. En las antiguas tumbas egipcias se han hallado incluso estatuillas de perros de tipo lebrel. También en la antigua China se enterraban estatuillas de perros en las tumbas de seres humanos. Se han encontrado, entre otras, figuras de terracota que, por su chato hocico y sus ojos saltones, se asemejan mucho a los actuales pugs. Los pequineses, perros favoritos de la familia imperial, aparecen en muchos antiguos documentos chinos. Sirvieron de modelo para unas figuras estilizadas, con rasgos parecidos al león, que se colocaban a la entrada de los templos.

En Europa, durante el Renacimiento y el barroco, con frecuencia aparecen perros en pinturas de escenas familiares campesinas. Más tarde, sobre todo en Inglaterra, los artistas pintaron escenas con perros, que a veces constituían auténticos «retratos» de éstos; finalmente, durante el s. XIX, aparecen como motivo central de escenas sentimentales y emotivas.

En la *literatura* el perro es descrito en su calidad de compañero del hombre. En el Antiguo Testamento aparece citado siempre con cierto desprecio. Esta actitud de los israelitas se supone que respondía a la existencia, en aquel tiempo, de gran cantidad de perros mendigos. Los griegos, por el contrario, apreciaban mucho a estos animales: a través de su literatura nos han llegado muchos nombres de perros. Argos, el fiel perro de Ulises, fue el único que le reconoció al regresar éste a casa después de un largo viaje.

En la literatura moderna gran número de narraciones sobre perros se deben a escritores anglosajones. Carlos Dickens es quizás el que ha descrito con mayor abundancia de detalles los perros, que desempeñan una función importante en sus obras *David Copperfield, Oliver Twist* y otras novelas. En nuestro tiempo varios escritores, entre ellos James Thurber, Jack London, James Oliver Curwood y Conan Doyle, presentan al perro en sus obras como un personaje más; una característica común a estas descripciones consiste en atribuir al perro cualidades puramente humanas y achacarle tanto nuestros vicios como nuestras virtudes.

El perro fiel
La sumisión y el sentido del deber en el perro pueden ilustrarse de muy diversas maneras. Es conocido el caso del perro San Bernardo que, con un pequeño barril de coñac colgado del cuello, sigue el rastro de los viajeros extraviados en los Alpes. Esta fidelidad se ha representado, por ejemplo, con la imagen del foxterrier escuchando el gramófono. El pintor inglés Landseer representó a menudo en sus cuadros escenas emotivas como la reproducida abajo: un perro pastor, que, desconsolado por la muerte de su amo, permanece junto al ataúd.







El perro en la pintura
El perro, compañero inseparable del hombre, aparece ya representado en las pinturas rupestres de la Edad de Bronce (arriba, arqueros con sus perros de caza). Sin embargo, no aparece como tema central hasta una época relativamente tardía: a la derecha, arriba, bello retrato de un perro de lanas con su cachorro, pintado por el artista inglés Gainsborough, en el s. XVIII.





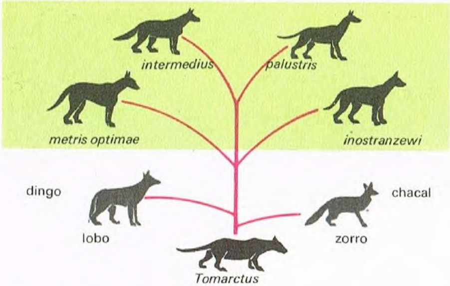
Perros famosos
Tanto en la literatura como en la cinematografía existen perros famosos, p. ej., el perro de Baskerville, descrito por Conan Doyle como un ser terrorífico, cruce entre un sabueso y un bulldog. Entre los perros que han trabajado en cinematografía, destaca el collie Lassie.





Representación de perros en porcelana
Los perros de porcelana han sido siempre objetos de adorno muy apreciados. Arriba aparece el perro guardián de los templos chinos, una figura de pequinés estilizado que data del s. XVII; a la derecha, dos caniches ingleses en porcelana, de 1850.





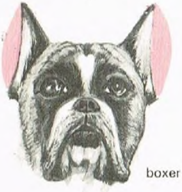
Origen de los perros
El perro pertenece a la familia de los cánidos. Es pariente próximo del lobo, del dingo, del zorro y del chacal. A partir de un antepasado común, derivaron posiblemente cuatro tipos de perros, actualmente desaparecidos, a los que se considera predecesores de las razas actuales. Se supone que el primer lugar donde se domesticó el perro es el sudeste de Asia.

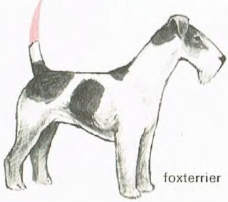




Modificaciones en el aspecto del perro
Desde la Edad de Piedra, el aspecto del perro se ha modificado de muy diferentes maneras, por ejemplo, recortándole el pelo, cortándole las orejas y el rabo. Las Sociedades Caninas dan consejos y reglas para el cruce de razas.





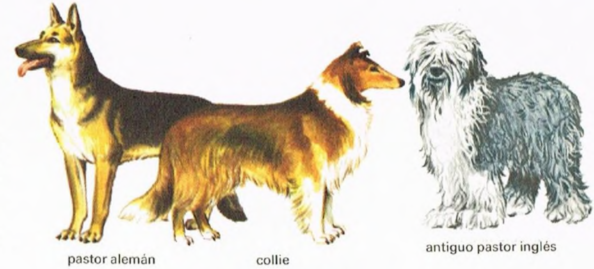


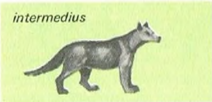
Diferentes razas de perros

El perro ha sido el compañero del hombre durante unos 15 000 años, pero su historia zoológica es mucho más antigua; comenzó probablemente hace 40 o 60 millones de años, con un animal parecido al hurón y que fue también el predecesor de los osos, hienas y gatos. Se supone que mucho tiempo después apareció un animal llamado *Tomarctus* que ya poseía las características especiales del perro. Según cierta teoría, este perro prehistórico dio lugar a cuatro tipos diferentes de cánidos, actualmente desaparecidos, pero que se consideran los predecesores de las actuales razas de perros. Algunos investigadores afirman rotundamente que el perro proviene de su próximo pariente *el lobo,* otros señalan que entre los predecesores del perro debe citarse al *dingo,* un tipo de perro salvaje australiano.
Se sabe que la amistad entre el perro y el hombre data de principios de la Edad de Piedra, pues se han encontrado huesos y dientes de perros en tumbas y aldeas de aquel entonces.
Existen diferentes versiones sobre cuál fue la primera «raza canina» que se acercó al hombre. Se supone que en Europa fue un perro del tipo *de lanas,* en Oriente Medio uno de tipo *lebrel* o *saluki* y en Asia quizás el *mastín* tibetano. Esto pone de manifiesto la existencia de diferentes razas de perros ya en la Edad de Piedra. Sin embargo, la gran variedad de razas actuales se produjo en épocas posteriores, cruzando distintas razas de perro. Antiguamente se prestaba mayor atención a las aptitudes conseguidas en los perros mediante la selección de diferentes razas; probablemente lo primero que intentó el hombre al *cruzar las razas* y mejorarlas fue conseguir perros de caza muy rápidos. El perro de compañía se generalizó en el s. XIX. Este tipo de perro no se destinaba a ningún tipo concreto de trabajo, sino que principalmente se deseaba lograr tipos de perros con cualidades estéticas: variados colores y formas de pelaje, p. ej. En el siglo pasado se crearon numerosas razas de perros, mientras que otras ya existentes adoptaron su forma definitiva.
La inmensa mayoría de los perros actuales procede sin duda de cruces. Se llaman *perros de pura raza* los que reúnen ciertas propiedades estéticas atractivas, o ciertas cualidades útiles para el hombre. Las *Sociedades Caninas,* constituidas a finales del siglo pasado, incluyen, en las descripciones de la raza, el tamaño, color, constitución del pelaje, peso, etc.

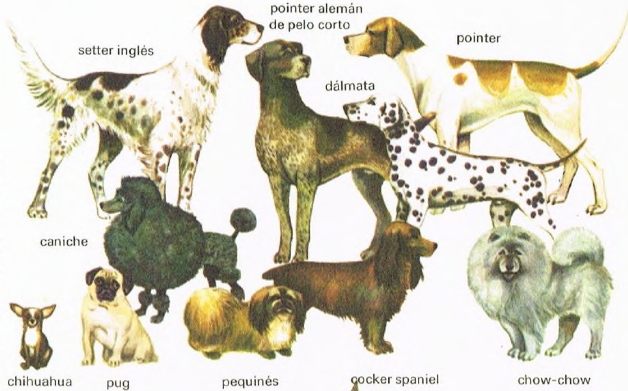


Perros guardianes y pastores
Los actuales descendientes del *Canis familiaris metris optimae* son los perros pastores, entre ellos, el collie y el antiguo pastor inglés. El perro guardián más conocido, el pastor alemán, anteriormente se utilizaba para vigilar el ganado.





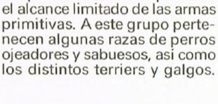
Perros cobradores y de muestra
Los perros descendientes del *Canis familiaris intermedius,* ayudan al cazador a rastrear la pieza, a localizarla. A este grupo de perros pertenecen, entre otros, los spaniels (p. ej., el cocker spaniel) y diferentes razas de pointers y setters, así como el dálmata. También pertenecen a este grupo diferentes perros de compañía, como el caniche, el pequinés y el chihuahua; este último es el perro más pequeño del mundo.



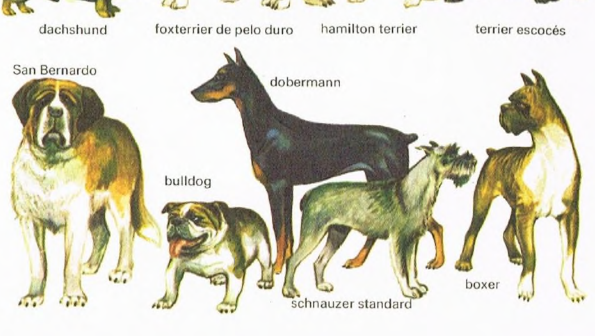


Los veloces perros de caza
En Asiria, Egipto y Grecia ya existían perros de caza muy veloces, principalmente perros lebreles, que daban alcance a la presa en su huida. La rapidez del perro de caza compensaba el alcance limitado de las armas primitivas. A este grupo pertenecen algunas razas de perros ojeadores y sabuesos, así como los distintos terriers y galgos.





Perros con fuertes mandíbulas
Los perros de fuertes mandíbulas no son tan veloces como los anteriormente citados. Tienen un cuerpo musculoso y de gran talla, y sirven principalmente como guardianes y para la defensa.





Perro de compañía
En otros tiempos sólo las familias adineradas poseían perros de compañía. En esta pintura del s. XVIII aparece un perro faldero. Hoy los perros de compañía son muy comunes.



Perros de ayuda
En tiempos prehistóricos el perro servía para la caza, como guardián y pastor; hoy se le ha adiestrado en trabajos especiales. El pastor alemán presta servicios a la policía.



al paso



sentado



echado

Entrenamiento
Adiestrar un perro implica educarlo para una o varias actividades. En primer lugar se le acostumbra a obedecer distintas órdenes, p. ej., ir al paso, sentarse o echarse. Otros tipos de entrenamiento consiguen que acuda y traiga algo en la boca, cuando se le llama. El entrenamiento básico del perro debe comenzar cuando es todavía un cachorro, y debe terminar cuando tiene de 12 a 18 meses



contento



airado



temeroso

Comportamiento del perro
El comportamiento de un perro es instintivo. Los hombres expresamos los sentimientos de agrado o desagrado mediante la palabra. El perro los manifiesta por medio de movimientos: si está contento, mueve enérgicamente el rabo; si está airado, muestra los dientes y aplana las orejas hacia atrás. Si se siente avergonzado, se agacha con la cabeza vuelta hacia un lado.

El perro y su amo

Nada más iniciarse la asociación entre hombres y perros, ambos se beneficiaron de ella. El perro rastreaba la caza para el hombre y éste le premiaba con un pedazo de carne. Posteriormente el perro realizó diferentes trabajos, principalmente como guardián y como pastor.

Al mismo tiempo, el perro servía de compañía y entretenimiento a su amo. Sin embargo, hasta finales de la Edad Media no se generalizó su uso como animal de compañía. En esa época únicamente las clases sociales elevadas, principalmente las familias reales, poseían perros de este tipo, que constituían un verdadero signo de categoría social. Actualmente abundan más los perros de compañía que los de utilidad práctica. Algunos de estos últimos, p. ej., el pastor alemán y el collie, o perros de caza como el setter irlandés y el cocker spaniel, sirven hoy también de perros de compañía.

Tradicionalmente los perros de caza se dividen en: *perros de muestra* (pointer, setter, etc.), *perros de ojeo* (basset, beagle), *perros levantadores* (spaniels), *perros cobradores* (retrievers) y *perros zorreros* (foxhound y foxterrier).

En la sociedad moderna los perros de labor se han especializado cada vez más. Por medio de un *entrenamiento especial,* se les educa para un gran número de actividades. Los *perros sabuesos* y los *perros guardianes* son empleados por la policía y otras instituciones, los *perros mensajeros* son utilizados en ciertos destacamentos especiales militares, y los *perros lazarillos* son entrenados para guiar a los ciegos. Los *perros pastores* se emplean actualmente, igual que hace 5 000 años, para vigilar el ganado o los rebaños. Entre los pueblos nómadas del ártico, el *perro de tiro* sirve para transportar grandes y pesadas cargas. El *perro de aludes* localiza a las personas enterradas en la nieve; un perro bien entrenado en esta tarea localiza una persona enterrada a una profundidad de hasta 4 metros bajo la nieve. Por último, el *perro de minas* tiene como principal misión localizar minas explosivas enterradas. Por supuesto los perros se adiestran para efectuar otras muchas actividades, pero aquí mencionamos los principales tipos.

El perro es, pues, uno de los animales más útiles para el hombre. Gracias a su capacidad de adaptación y a su resistente constitución, ha sido uno de los primeros seres vivientes que ha visitado el espacio: en la Unión Soviética se han utilizado perros de lanas para realizar experimentos espaciales.



Perro de caza
Existen distintos tipos de perros de caza. Se suelen distinguir perros de ojeo, que levantan la caza; perros de muestra, que indican al cazador el lugar en donde se encuentra una presa, y perros cobradores, que llevan hasta el cazador la pieza cobrada. El perro zorrero provoca la salida, de la madriguera, de los zorros y otros animales.

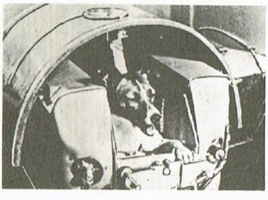


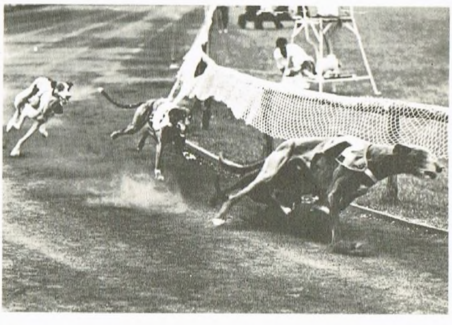
Perro de tiro
En las zonas árticas, p. ej., entre esquimales, el perro de tiro realiza transportes sobre la nieve. El perro esquimal posee gran resistencia. Normalmente se utilizan varios perros para un mismo tiro.



Perro pastor
El perro pastor está adiestrado para reunir el rebaño, obligarle a trasladarse, localizar y recuperar algún animal extraviado, e informar al pastor de si un animal está herido.

Viajero espacial
El perro ha sido uno de los pioneros en los viajes espaciales. El perro de lanas ruso Laika fue uno de los primeros seres vivientes en ser lanzado al espacio.





Perros de carreras
La carrera de galgos es un simulacro de caza de un conejo mecánico. Los perros más veloces, el galgo inglés y el whippet, pueden alcanzar hasta 60 kilómetros por hora.

edil s.r.l.





